ÉTUDES ET
RECHERCHES
EN TRANSPORTS

LA STRUCTURE DE COÛTS DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DU CAMIONNAGE PUBLIC; UNE APPLICATION DE LA FONCTION TRANSLOGARITHMIQUE

MICHEL BOUCHER

SOCIO-ÉCONOMIE
DES TRANSPORTS

Québec

88-03977/

LA STRUCTURE DE COÛTS DE L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE

DU CAMIONNAGE PUBLIC :

UNE APPLICATION DE LA FONCTION TRANSLOGARITHMIQUE

Dépôt légal, 2e trimestre 1987
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN : 2-550-17672-3

Gouvernement du Québec
Ministère des Transports

FICHE ANALYTIQUE DE RAPPORT

Titre et sous-titre du rapport
La structure de coûts de l'industrie québécoise du camionnage public: une application de la fonction translogarithmique.

N° du rapport Transports Québec
RTQ-87-02

Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒ — An 87, Mois 03, Jour 09

N° du contrat

Auteur(s) du rapport
Michel Boucher

Date du début d'étude — **Date de fin d'étude**

Coût de l'étude
18 000 $

Étude ou recherche réalisée par (nom et adresse de l'organisme)
Michel Boucher
Ecole nationale d'administration publique
945, avenue Wolfe
Sainte-Foy, QC G1V 3J9

Étude ou recherche financée par (nom et adresse de l'organisme)
Ministère des Transports du Québec
700, boul. Saint-Cyrille E.
Québec, QC
G1R 5H1

But de l'étude, recherche et renseignements supplémentaires
Le ministère des Transports du Québec et le Fonds institutionnel de recherche de l'Ecole nationale d'administration publique ont financé cette étude. L'objectif de cette recherche a été d'appliquer la fonction translogarithmique à l'industrie québécoise du camionnage public, afin de dégager certaines considérations en termes de politique économique.

Résumé du rapport

La fonction de coût translogarithmique découle des développements récents de la théorie de la production, qui ont mis l'accent sur le fait que l'entreprise n'est pas caractérisée par une seule variable, mais pas plusieurs. Les variables explicatives de cette fonction de coût se divisent en trois groupes. Il y a d'abord une mesure: la tonne-kilomètre. Il y a ensuite les prix des facteurs, qui sont représentés par les prix du carburant, du capital, de la main-d'oeuvre et du matériel. Il y a enfin des variables technologiques qui reflètent les caractéristiques opérationnelles des firmes québécoises.

Les données utilisées pour définir de manière opérationnelle ces 10 variables indépendantes proviennent des deux banques de données mises à la disposition des chercheurs canadiens par Statistique Canada.

Les résultats économétriques permettent de dégager un certain nombre de conclusions sur le fonctionnement des firmes québécoises et peuvent aussi servir à des fins de politique économique.

Nbre de pages	Nbre de photos	Nbre de figures	Nbre de tableaux	Nbre de références bibliographiques	Langue du document	Autre (spécifier)
55			7	30	☒ Français ☐ Anglais	

Mots-clés
Structure de coûts, industrie québécoise du camionnage public, fonction translogarithmique, théorie de la production, variables explicatives de la fonction de coût, tonne-kilomètre, prix des facteurs, variables technologiques.

Autorisation de diffusion
☒ Diffusion autorisée ☐ Diffusion interdite

Signature du directeur général — Date

V-1773 (85-05)

Remerciements

L'auteur remercie Jean Labrecque, Pierre Cléroux et Guylaine Roux pour la qualité de leur travail comme assistant de recherche ainsi que le ministère des Transports du Québec et le Fonds institutionnel de recherche de l'École nationale d'administration publique pour leur précieuse contribution financière. L'auteur demeure le seul responsable du contenu de cette recherche.

TABLE DES MATIÈRES

		Pages
SOMMAIRE		1
1.	INTRODUCTION	3
2.	L'ANALYSE DES FONCTION DE COUT EN CAMIONNAGE PUBLIC	4
	2.1 Une fonction simple de coût	4
	2.2 Les développements théoriques	5
	Une fonction générale de coût	6
	La fonction translogarithmique	8
	Les propriétés d'une translog	10
	Les effets de substitution	11
	Les économies d'échelle	12
	2.3 La mesure de la production: un problème d'agrégation	13
3.	PRÉSENTATION DES VARIABLES ET SPÉCIFICATION DE LA FORME FONCTIONNELLE	14
	3.1 Présentation des variables	15
	Les prix des facteurs (w)	15
	Considérations sur les mesures employées des prix des facteurs	18
	Les variables technologiques (t)	20
	Remarques sur les mesures des variables technologiques	22
	Les autres variables	24
	3.2 La forme fonctionnelle	24
4.	ANALYSE DES RÉSULTATS	28
	4.1 Les élasticités-prix et de substitution	33
	4.2 Les élasticités relatives au coût	36
	4.3 L'éventail de produits multiples: test d'hypothèses	41

5. RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES ET CONSIDÉRATIONS DE POLITIQUE ÉCONOMIQUE 44

5.1 L'expérience américaine de la déréglementation 44

5.2 La situation québécoise 47

Les prix des facteurs 47
Les variables technologiques 49

6. REMARQUES FINALES 50

Notes 53

SOMMAIRE

Cette recherche applique la fonction de coût translogarithmique à l'industrie québécoise du camionnage public. Cette fonction de coût découle des développements récents de la théorie de la production qui ont mis l'accent sur le fait que l'entreprise ne produit généralement pas un seul output, mais bien plusieurs. Les variables explicatives de cette fonction de coût se divisent en trois groupes. Le premier est la mesure de l'output, la tonne-kilomètre. Le deuxième groupe est formé des prix des facteurs de production qui entrent dans la production d'une firme de camionnage public; nous avons retenu les prix du carburant, du capital, de la main-d'oeuvre et du matériel. Les variables technologiques représentent les éléments du troisième groupe et veulent refléter les caractéristiques opérationnelles des entreprises québécoises. Les cinq attributs qualitatifs retenus pour les décrire sont la distance parcourue, la charge moyenne par expédition, la capacité d'utilisation d'un camion, le pourcentage de lots brisés dans la production et le coût moyen de l'assurance couvrant les pertes et les dommages.

Les principaux résultats pertinents de l'analyse économétrique, qui se comparent avantageusement à ceux des chercheurs américains, sont les suivants. Premièrement, les paramètres de l'élasticité-prix propre de chacun des facteurs sont négatifs et statistiquement inférieurs à l'unité, c'est-à-dire qu'une hausse donnée du prix d'un facteur de production entraîne une baisse moins que proportionnelle de la quantité de ce facteur. Deuxièmement, les coefficients des élasticités de substitution possèdent tous le bon signe et leur ordre de grandeur est conforme aux prévisions théoriques; tous les facteurs semblent être des substituts et seule l'élasticité de substitution du matériel au travail n'est pas statistiquement significative. En d'autres termes, une augmentation du prix d'un facteur incite l'entreprise à en diminuer l'emploi et à le remplacer par un autre facteur de production moins coûteux, mais en quantité inférieure à la réduction initiale. Troisièmement, l'entreprise québécoise moyenne peut réaliser des économies

d'échelle relativement importantes. Ces dernières peuvent se réaliser par une augmentation de la charge moyenne, par une meilleure capacité d'utilisation de la flotte de véhicules et par un accroissement du pourcentage de lots brisés dans leur production multiple. Par contre, ces économies d'échelle ne peuvent pas être obtenues par un accroissement de la distance parcourue en raison de la configuration et la dissémination des flux de marchandises entre les villes du Québec. Quatrièmement, la main-d'oeuvre et à des degrés moindres le capital et le carburant sont les principaux facteurs touchés par une modification des cinq variables technologiques.

Finalement, ces derniers résultats économétriques permettent certaines conclusions en termes de politique économique. D'abord, quelques-uns des coefficients d'élasticité-prix laissent entrevoir que l'industrie québécoise fait déjà affaires dans un environnement relativement concurrentiel. Deuxièmement, peu de changements majeurs à l'américaine sont à prévoir au Québec si on déréglemente graduellement l'industrie ou si cette dernière est incluse dans les propositions de libre-échange. En effet, l'industrie québécoise est, en général, soumise à des forces concurrentielles et ces dernières se sont amplifiées par la diffusion de la déréglementation américaine en territoire québécois. Troisièmement, les firmes québécoises ont commencé à rationaliser leurs activités en employant davantage de voituriers-remorqueurs, en procédant à des ajustements de nature technique afin de réduire la consommation de carburant de leurs tracteurs, en se fusionnant avec des entreprises oeuvrant sur le même territoire afin de réaliser une plus grande diversité de réseau, en favorisant l'implantation du train-routier et en développant des techniques pour mieux gérer les pièces de rechange et la spécialisation du personnel de réparation.

1. INTRODUCTION

L'industrie nord-américaine du camionnage public s'adapte graduellement aux nouvelles règles concurrentielles qui résultent de la loi dite Motor Carrier Act of 1980 votée par le Congrès américain en 1980. Cette loi qui a déréglementé presque complètement l'industrie américaine n'est pas sans avoir des conséquences sur l'industrie canadienne en raison de l'interdépendance des deux économies concernées. Bien que les effets de débordement de cette politique concurrentielle américaine[1] ne se fassent sentir qu'indirectement au Québec, aussi longtemps que la Commission des transports du Québec ne modifiera pas sa conception de l'"intérêt public", il demeure tout de même important, dans une perspective de politique économique, de prévoir les réactions éventuelles des firmes québécoises à de tels changements. Or une condition essentielle à cette dernière démarche est une connaissance quantitative de la structure de coûts de l'industrie. Ainsi se trouve précisé l'objectif premier de cette recherche qui consiste à la quantifier. Et pour y parvenir, il convient de s'inspirer des développements américains récents en matière d'estimation de fonction de coûts. Ces résultats économétriques permettront, par la suite, de préciser notre pensée sur les modalités d'ajustement qui seront disponibles aux entreprises québécoises pour mieux fonctionner dans un environnement plus concurrentiel.

La présente recherche comporte quatre parties. La première porte sur une recension critique des études empiriques faites sur les fonctions de coût dans l'industrie du camionnage public. La deuxième section se concentre sur la présentation et la définition opérationnelle des variables qui entrent dans la fonction de coûts translog. La troisième présente et analyse les résultats économétriques obtenus pour l'industrie québécoise. Ces derniers sont ensuite comparés aux résultats obtenus par d'autres chercheurs, principalement américains, afin de les calibrer et détecter, s'il y a lieu, les différences de structure entre les industries respectives. Nous abordons, dans la dernière partie, certaines considérations de politique

économique qui peuvent se dégager des résultats économétriques. Enfin, pour conclure, nous émettons quelques brefs commentaires sur l'industrie québécoise du camionnage public.

2. L'ANALYSE DES FONCTIONS DE COUT EN CAMIONNAGE PUBLIC

L'évolution récente de l'analyse des fonctions de coût de l'industrie du camionnage s'inspire des nombreux développements théoriques et empiriques qui se sont produits dans la théorie de la production. Pour bien situer et comprendre cette progression scientifique où les chercheurs abandonnent graduellement l'idée d'une production unique par une firme pour celle d'une production multiple, nous décrivons d'abord un modèle simple de fonction de coût. Ce dernier constitue un bon point de départ en ce qu'il a été grandement utilisé dans les premières études quantitatives. Nous présentons, dans un deuxième temps, les améliorations qui se sont incorporées à cette équation de base, au fil des recherches.

2.1 Une fonction simple de coût

La forme fonctionnelle de cette équation de coût total (CT) est la suivante[2]:

$$CT = B_0 + B_1(\text{tonne-kilomètre}) + B_2(\text{tonne}) + B_3(\text{itinéraire-kilomètre}) + \varepsilon \qquad (1)$$

La première variable explicative, la tonne-kilomètre, reflète la production agrégée d'une entreprise de camionnage public et son paramètre (B_1) constitue le fondement des estimations permettant de détecter la présence d'économies d'échelle. La deuxième variable, la tonne, constitue une mesure additionnelle de la production d'une firme de camionnage. Sa présence dans la forme fonctionnelle permet de surmonter la restriction implicite de la variable tonne-kilomètre qui considère le coût de transporter une tonne sur 10 kilomètres comme équivalent à celui de déplacer 10 tonnes

sur un kilomètre. Son paramètre (B_2) peut s'interpréter comme une mesure de l'influence de l'inverse de la longueur moyenne d'un trajet (égale au rapport tonne/tonne-kilomètre) sur les coûts moyens. Cette interprétation permet alors d'identifier les économies attribuables à des chargements transportés sur des distances plus longues. La troisième variable, l'itinéraire-kilomètre, est une mesure de la capacité de production d'une entreprise de camionnage public. Cette variable représente le nombre de kilomètres d'acheminements ou de parcours distincts qu'une firme peut et doit desservir pour se conformer aux exigences de son permis. Son inclusion dans une spécification de fonction de coût se justifie en ce qu'elle saisit les composantes fixes des frais d'entretien et de transport. Cette variable est importante en ce que son paramètre (B_3) permet de mesurer les économies d'utilisation de réseau, c'est-à-dire celles qui proviennent de plus grands mouvements de marchandises sur un ensemble constant d'itinéraires. Finalement, il y a l'erreur résiduelle (ε) qui prend en considération les erreurs de mesure et les influences des variables omises sur les coûts, comme par exemple les prix des facteurs.

Les contributions récentes ont cherché à améliorer cette spécification de base de l'équation de coût selon deux voies bien précises. La première et la plus fondamentale se réfère à une meilleure spécification des variables explicatives et de la technologie inhérente au choix de la fonction même de coût. La deuxième voie porte sur les problèmes d'agrégation dans la mesure de la production. Commençons donc par les contributions théoriques.

2.2 Les développements théoriques

Ces développements en matière de fonctions de coût de l'industrie du transport proviennent de trois constatations générales[3]. La première est que le produit d'une firme de camionnage public est essentiellement multidimensionnel. Non seulement l'entreprise produit différentes prestations de service de transport à différents usagers selon des origines et

des destinations différentes, mais elle les fournit aussi à des niveaux différents de qualité. Par conséquent, la composition même de la production, qu'elle soit formée de charges complètes (TL) ou de consolidation de lots brisés (LTL) ou des deux à la fois, et les caractéristiques qualitatives des expéditions influencent fortement les coûts d'une entreprise donnée. A titre d'exemple, les firmes de camionnage public spécialisées dans le transport de lots brisés consolidés sur de courte distance ont des coûts différents de ceux engagés par des entreprises faisant de la charge complète sur de longue distance. Deuxièmement, les activités d'une firme de camionnage comportent des coûts joints et communs, ce qui implique que la technologie se caractérise par une production jointe. Cette dernière particularité nécessite l'emploi d'une forme flexible permettant une meilleure détermination de la structure sous-jacente de la technologie. Autrement dit, les fonctions de coût traditionnellement employées comme la Cobb-Douglas, la C.E.S. et la log-linéaire ne constituent pas de bonnes descriptions de la réalité technologique en ce qu'elles sont, a priori, trop restrictives. Troisièmement, si la réglementation ou d'autres contraintes exogènes empêchent réellement les entreprises de procéder à des ajustements optimaux de leur capacité de production, ces dernières ne sont généralement pas en position d'équilibre de longue période en ce qu'elles n'opèrent pas sur leur fonction de coût de longue période. L'estimation de fonctions de coût de longue période à partir de donnés transversales peut entraîner des coefficients biaisés et, par conséquent, des mesures biaisées des coûts marginaux.

Une fonction générale de coût

Spady et Friedlaender[4] sont les premiers chercheurs en transport routier des marchandises à proposer une fonction de coût qui surmonterait les trois difficultés précédemment énoncées. Pour y parvenir, ils ont recours à une fonction de coût dite hédonique dont la caractéristique principale est de prendre en considération sur les coûts totaux non seulement l'effet de la quantité physique de la production, la tonne-kilomètre, mais aussi celui des attributs qualitatifs de cette production

physique, comme la rapidité et la fiabilité par exemple. Cette fonction diffère évidemment des fonctions traditionnelles de coût qui ne prennent en compte que l'influence de la production physique et n'incorporent aucun élément reflétant la qualité du service offert. La forme générique des coûts totaux (C) proposée par Spady and Friedlaender est la suivante:

$$C = C(\Psi(y, q), w) \qquad (2)$$

Le terme $\Psi(y, q)$ représente la production hédonique qui se compose de la production physique de la firme (y), la tonne-kilomètre, et des attributs ou caractéristiques de qualité de cette production (q) comme la rapidité du service, par exemple. Le deuxième argument (w) de cette relation fonctionnelle représente les prix des facteurs de production de l'entreprise. Mais ces deux auteurs[5] se sont rapidement aperçus que cette spécification comportait une restriction qui ne pouvait pas se justifier en pratique. En effet, la spécification hédonique impose une restriction de séparabilité, en ce que la production physique et ses caractéristiques qualitatives qui lui sont associées sont séparables des prix des facteurs et des caractéristiques technologiques. Autrement dit, la séparabilité implique que la production et ses attributs qualitatifs sont indépendants ou n'ont pas d'influence directe sur les prix des facteurs de production, ni sur les caractéristiques technologiques[6]. Pour éviter cette restriction, ils proposent une forme de coût total:

$$C = C(\Psi, w, t) \qquad (3)$$

où les arguments Ψ, w, t représentent respectivement la production physique et ses caractéristiques qualitatives, les prix des facteurs et les conditions technologiques que doivent rencontrer les firmes dans leur opération quotidienne. Leur dernière spécification s'inspire naturellement des développements récents sur les formes fonctionnelles flexibles dont la caractéristique la plus importante est de se prêter facilement à l'estimation économétrique. En effet, des théoriciens de la théorie de la production ont

systématiquement démontré que les fonctions de coût linéaires ou logarithmiques sont très limitatives en ce sens qu'elles imposent des restrictions a priori importantes sur la structure sous-jacente de la technologie. Il s'en est suivi un intérêt accru des chercheurs pour la fonction translogarithmique, une des formes fonctionnelles flexibles par excellence. Cette dernière impose peu de conditions restrictives initiales sur la structure sous-jacente de la technologie. À titre d'illustration, cette fonction permet explicitement la production multiple et se prête facilement à des tests d'hypothèse sur la séparabilité, l'homogénéité et la production non jointe. En d'autres mots, elle tend à épouser ou à s'adapter exactement à la technologie sous-jacente d'une firme plutôt que d'imposer un cadre fixe dans lequel les opérations d'une firme doivent obligatoirement et nécessairement s'insérer.

La fonction translogarithmique

Une approximation translog de l'équation (3) de longue période se présente ainsi:

$$
\begin{aligned}
\ln C(\Psi, w, t) = {} & a_0 + \sum_i a_i(\ln w_i - \ln \bar{w}_i) + \sum_j b_j(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) \\
& + \sum_k c_k(\ln \Psi_k - \ln \bar{\Psi}_k) + 1/2 \sum_i \sum_l A_{il}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln w_l - \ln \bar{w}_l) \\
& + \sum_i \sum_j B_{ij}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) \\
& + \sum_k \sum_i C_{ik}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln \Psi_k - \ln \bar{\Psi}_k) \\
& + 1/2 \sum_j \sum_m D_{jm}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j)(\ln t_m - \ln \bar{t}_m) \\
& + \sum_k \sum_j E_{jk}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j)(\ln \Psi_k - \ln \bar{\Psi}_k) \\
& + 1/2 \sum_k \sum_h F_{kh}(\ln \Psi_k - \ln \bar{\Psi}_k)(\ln \Psi_h - \ln \bar{\Psi}_h) + \varepsilon_c \qquad (4)
\end{aligned}
$$

ou ε_C est l'erreur aléatoire. Ainsi on peut interpréter une fonction translog comme représentant une expansion d'une série de Taylor du second degré d'une fonction sous-jacente inconnue. Comme l'indique clairement l'équation (4), la valeur d'approximation est la moyenne arithmétique de l'échantillon du vecteur (Ψ, w, t), soit ($\bar{\Psi}$, $\bar{w}$, $\bar{t}$).

D'autre part, le lemme de Sheppard permet d'obtenir les demandes de facteurs des fonctions de coût estimées. En effet, ce théorème démontre que le vecteur des facteurs employés par une entreprise qui réduit au minimum les coûts de production est égal au vecteur des dérivées de la fonction de coût par rapport aux prix des facteurs. En termes mathématiques, cet énoncé se présente de la manière suivante:

$$\frac{\partial C(\Psi, w, t)}{\partial w_i} = x_i \qquad i = 1, \ldots n \tag{5}$$

Pour une fonction de coût translog, l'expression mathématique (5) prend la forme suivante:

$$\partial \ln C(\Psi, w, t)/\partial w_i = \partial C(\Psi, w, t)/\partial w_i \cdot w_i/C = x_i w_i/C = D_i \tag{6}$$

où $x_i w_i/C = D_i$ est la demande implicite du facteur i ou la part du facteur i dans le coût total. Les équations de répartition des facteurs ou les équations de demande des facteurs s'écrivent alors:

$$D_i = w_i x_i/C = a_i + \sum_l A_{il}(\ln w_l - \ln \bar{w}_l) + \sum_j B_{ij}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) + \sum_k C_{ik}(\ln \Psi_k - \ln \bar{\Psi}_k) + \varepsilon_i \tag{7}$$

ou ε_i est le terme aléatoire. Comme la sommation des parts des facteurs donne l'unité, $\Sigma_i\ w_i x_i/C = 1$, il s'en suit que $\Sigma_i\ e_i = 0$. Pour empêcher la singularité de la matrice des variances-covariances (ε_C, ε_i), une équation de part des facteurs doit être obligatoirement omise lors de l'estimation.

Les propriétés d'une translog

Les qualités de la fonction translog permettent de vérifier statistiquement un certain nombre de propriétés qui portent sur l'homogénéité des prix des facteurs, la séparabilité et la production jointe de la fonction sous-jacente.

Les premières restrictions qu'autorise la fonction translog découlent directement du processus de minimisation des coûts par les entreprises de camionnage. Il y a d'abord les restrictions générales, dites conditions symétriques de Slutsky, qui se réfèrent aux paramètres décrivant les interactions des variables explicatives. Ces conditions impliquent l'égalité des coefficients suivants de l'équation (4), c'est-à-dire $A_{il} = A_{li}$, $D_{jm} = D_{mj}$ et $F_{kh} = F_{hk}$ pour tous les indices h, i, j, k, l et m. Autrement dit, les dérivées partielles secondes de la fonction de coût prises par rapport à des modifications successives, soit de prix de deux facteurs différents (i,l), soit de deux facteurs technologiques différents (j,m), soit de deux productions différentes (h,k) doivent être indépendantes de la séquence des changements. Ensuite, l'hypothèse de l'homogénéité de degré un des prix des facteurs implique que les paramètres de la fonction de coût doivent satisfaire l'ensemble des contraintes indépendantes suivantes:

$$\begin{aligned} &\Sigma_i a_i = 1 \\ &\Sigma_i A_{il} = 0 \qquad l = 1,\ldots L, \\ &\Sigma_i B_{ij} = 0 \qquad j = 1,\ldots J, \\ &\Sigma_i C_{ik} = 0 \qquad k = 1,\ldots K \end{aligned} \tag{9}$$

Quant à la séparabilité, elle exige comme seule restriction que les paramètres des termes interactifs entre les prix des facteurs (w_i) et les productions (Ψ_k) doivent égaler à 0, soit:

$$C_{ik} = 0 \qquad \begin{matrix} i = 1,\ldots I \\ k = 1,\ldots K \end{matrix} \tag{10}$$

Finalement, pour que la production soit non jointe, la fonction de coût doit s'écrire comme la somme des fonctions de coût de chaque production prise séparément, ce qui implique évidemment que la dérivée seconde de la fonction de coût prise par rapport à deux productions différentes soit égale à 0, c'est-à-dire $F_{kh}= 0$. Pour vérifier empiriquement l'hypothèse de la production non jointe, il faut relier les paramètres de la fonction translog à ceux de la dérivée seconde de la fonction de coût sous-jacente et imposer la restriction $F_{kh}= 0$. Cette hypothèse nécessite les restrictions suivantes sur les paramètres de la fonction (4), soit:

$$F_{kh}+c_k c_h= 0 \qquad (11)$$

c'est-à-dire que la dérivée seconde de la fonction de coût prise par rapport à deux productions différentes $\partial C^2/\partial \Psi_k \partial \Psi_h$ doit égaler le produit négatif des dérivées premières de la fonction de coût prise pour les deux mêmes productions $\partial C/\partial \Psi_k$ et $\partial C/\partial \Psi_h$. Il faut noter que cette hypothèse impose des restrictions non linéraires sur les paramètres des termes interactifs entre deux productions k et h.

Les effets de substitution

La théorie classique de la production identifie principalement la technologie d'une entreprise par son échelle de production et ses effets de substitution. Comme l'équation (7) est une équation de la part du facteur i dans le coût total et non une demande explicite du facteur i, l'élasticité-prix du facteur i ne peut pas être obtenue directement. Les élasticités de substitution partielles de Allen-Uzawa se définissent de la manière suivante:

$$s_{ij}= C\, C_{ij}/C_i C_j$$

ou $C_{ij}= \partial^2 C/\partial w_i \partial w_j$ et $C_i= \partial C/\partial w_i$

Si cette formule est appliquée à la fonction de coût translog, elle devient après certaines transformations:

$$e_{ij} = A_{ij}/D_i + D_j \qquad (11)$$

où D_i est la demande du facteur i déterminée par l'équation (7). Ainsi les élasticités partielles croisées (e_{ij}) varient selon les parts relatives des facteurs. Or on sait que l'élasticité-prix partielle directe est reliée à l'élasticité-prix conventionnelle de la demande de facteurs de production par l'expression suivante, soit $e_{ii} = D_i s_{ii}$. L'application de cette formule à la fonction translog donne après cetaines transformations:

$$e_{ii} = A_{ij}/D_i + D_i - 1 \qquad (12)$$

En résumé, l'équation (11) qui fournit des renseignements sur les élasticités de substitution des facteurs i et j permettra de détecter si les facteurs i et j sont substituts ou complémentaires dans le processus de production des entreprises de camionnage public. L'équation (12) donne la mesure traditionnelle de l'élasticité-prix propre du facteur i.

Les économies d'échelle

Comme la fonction de production d'une firme de camionnage comporte plusieurs types de production, il est impossible de parler d'économie d'échelle dans le sens traditionnel du concept. Si la fonction de production est homothétique, c'est-à-dire que les proportions des facteurs de production employés ne varient pas avec le niveau de production, il devient alors possible de parler d'économies d'échelle globales. Or la propriété d'homothécéité nécessite que le paramètre F_{hk} de l'équation générale (4) soit égal à 0. Mais les diverses recherches empiriques relèvent que les fonctions de production de firmes de camionnage ne respectent pas généralement cette propriété. La seule mesure possible est alors locale en ce qu'elle constitue une appréciation de l'évolution des coûts par rapport aux caractéristiques moyennes de l'échantillon. On obtient cette mesure de la manière suivante:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln \Psi} = \sum_k c_k + \sum_i C_{ik}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i) + \sum_j E_{jk}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) + \sum_k F_{kh}(\ln \Psi_h - \ln \bar{\Psi}_h) \quad (13)$$

Comme toutes les variables w, t et Ψ sont normalisées par rapport à la moyenne de l'échantillon, $\partial \ln C / \partial \ln \Psi$ devient égal à $\Sigma_k c_k$. Il y aura des économies d'échelle ou des rendements croissants à l'échelle si $\Sigma_k c_k < 1$ et l'inverse si $\Sigma_k c_k > 1$.

Finalement, il est nécessaire de faire une mise au point importante puisque les données statistiques disponibles ne nous fournissent jamais le vecteur Ψ avec toutes les caractéristiques appropriées. Pour obtenir la forme finale du système d'équations à estimer, c'est-à-dire l'équation (4) et les équations de parts des facteurs données par l'équation (7), il faut substituer $\ln \Psi_k$ par l'expression $\ln y_k + \sum_i p_i^k \ln q_i^k$ ou q_i^k est un vecteur de caractéristiques. Dans la procédure d'estimation, ce dernier vecteur est assimilé au vecteur des caractéristiques technologiques (t).

2.3 La mesure de la production: un problème d'agrégation

Les chercheurs reconnaissent de plus en plus qu'une analyse adéquate et pertinente de la réalité du transport routier de marchandises requiert un niveau de désagrégation plus poussé que la mesure traditionnelle de l'output, la tonne-kilomètre. Si on définit la production d'une firme de camionnage comme le transport d'un bien d'une origine spécifique à une destination spécifique sur une période donnée, son activité productive consiste évidemment à fournir plus d'un produit à l'échelle de son réseau. Cette approche très désagrégée voulant prendre en considération la vraie nature de la production, c'est-à-dire le transport de produits selon l'origine et la destination, ne peut vraiment se réaliser que pour des firmes possédant un réseau de transport peu développé, c'est-à-dire desservant un petit nombre de paires origine-destination. Cette dernière considération suggère qu'une certaine forme d'agrégation des flux dans l'espace devient nécessaire si on veut étendre cette approche plus réaliste de la vraie mesure de l'output à

l'analyse des firmes représentatives de l'industrie du camionnage. Cette prise en considération de l'aspect spatial des services de transport routier des marchandises peut alors se réaliser par l'agrégation des produits selon la grosseur du chargement et la distance parcourue[7].

Cette reconnaissance de la spatialité rend alors possible l'utilisation directe de certains développements récents réalisés dans la théorie de l'entreprise à produits multiples pour mieux spécifier la fonction de coût des firmes de camionnage. Cette spécification permet de s'interroger, par exemple, sur l'existence et la source des monopoles naturels, des économies d'échelle découlant de la production simultanée de plusieurs produits, et des économies de champs d'activité. Plus particulièrement, les économies d'échelle de productions multiples se réfèrent au comportement des coûts lorsque les niveaux de production d'un panier donné de produits changent proportionnellement. Ces économies d'échelle se divisent en économies de champ et en économies de produits spécifiques. Les économies de champ permettent de vérifier si le coût total de produire conjointement un panier de produits est inférieur au coût total de les produire séparément. Les économies de produits spécifiques portent sur la variation des coûts qu'entraîne une variation d'un produit, lorsque les autres produits du panier ne changent pas.

3. PRÉSENTATION DES VARIABLES ET SPÉCIFICATION DE LA FORME FONCTIONNELLE

L'objectif de cette partie est double, d'abord définir d'une manière opérationnelle, les variables qui entrent dans la fonction de coût et ensuite spécifier une fonction translog qui s'inspire des plus récents développements en matière de camionnage public. Avant de procéder à la première activité il est pertinent de faire quelques commentaires sur les sources des données employées.

Toutes les données utilisées proviennent directement de la banque de données mise à la disponibilité des chercheurs canadiens par Statistique Canada. Nous avons eu accès aux données de l'enquête portant sur les Entreprises de camionnage et de déménagement, communément appelée l'enquête MCF, et L'enquête sur le transport routier de marchandises pour compte d'autrui, dite l'enquête TOD pour les années 1982, 1983 et 1984[8]. L'enquête MCF porte plus généralement sur les données financières des entreprises de camionnage alors que l'enquête TOD collige des renseignements sur les expéditions de produits par ces mêmes firmes. Cette recherche empirique n'a retenu que les renseignements valides provenant de l'intersection de ces deux enquêtes. En d'autres mots, nous avons retenu dans un premier temps que les firmes qui avaient été échantillonnées par les deux enquêtes. Cela comprend toutes les firmes dont le domicile est la province de Québec. De cet échantillon de base, nous n'avons conservé que les firmes de la classe I et II qui faisaient du transport intra-provincial et dont les revenus provenaient du transport de marchandises générales dans une proportion d'au moins 50%.

3.1 Présentation des variables

Comme la partie précédente l'a clairement démontré, les variables pertinentes d'une fonction translog sont les prix des facteurs (w_i), les variables technologiques (t_j) et certaines autres variables dont l'output (y). Nous les présentons en respectant cet ordre.

Les prix des facteurs (w)

Cette recherche empirique prend en considération les prix de quatre facteurs de production qui sont le carburant, la main-d'oeuvre, le capital et le matériel. Le prix du carburant (w_1) se définit comme le rapport de toutes les dépenses en carburant (essence, diesel et taxes afférentes) divisées par la consommation en litre. L'unité de cette variable est en dollar par litre. L'agrégation des dépenses d'essence et de diesel n'a pas entraîné de biais

notable et important dans le calcul de ce prix pour chacune des firmes en ce qu'un fort pourcentage des entreprises échantillonnées utilisent des tracteurs et des camions qui consomment du diesel.

Nous avons rencontré certains problèmes de compilation statistique puisque des firmes avaient confondu les systèmes de mesures impérial et métrique dans leur réponse au questionnaire. Nous avons procédé à des vérifications et à des transformations qui ont permis de corriger un certain nombre de ces anomalies. Quand il était impossible de les corriger, l'entreprise était enlevée de l'échantillon.

Le prix de la main-d'oeuvre (w_2) comprend l'ensemble de la rémunération (avantages sociaux inclus), des chauffeurs et des aides, à l'exception de la rémunération des employés à l'entretien. Cette somme est ensuite divisée par le nombre de chauffeurs et d'aides. L'unité de cette variable est en dollar par homme-année. Cette donnée soulève quelques problèmes théoriques mineurs qu'il convient brièvement de mentionner. D'abord les firmes ne signent pas nécessairement le même contrat de travail avec leur employés en ce que certains sont payés à l'heure et d'autres pour des périodes précises, en général inférieures à une année. De plus, notre définition postule que le nombre d'heures travaillées est le même quelle que soit l'entreprise.

Certaines firmes échantillonnées avaient des rémunérations très divergentes en raison du nombre de chauffeurs et d'aides embauchés, c'est-à-dire que les rémunérations étaient fortes (ou basses) parce que le nombre de travailleurs recensés était faible (ou élevé). En d'autres termes, l'hypothèse que les chauffeurs et aides travaillent tous le même nombre d'heures peut introduire des biais dans des entreprises où les fluctuations d'embauche temporaire de la main d'oeuvre sont plus accentuées (ou moins fortes) que la moyenne des firmes. Un certain nombre de corrections ont été faites en s'inspirant des profils de Statistique Canada et des firmes ont pu être conservées alors que d'autres firmes étaient carrément rejetées de

l'échantillon. L'embauche de voituriers-remorqueurs, payés au kilomètre, peut être une autre cause de ces incohérences, surtout si ces dernières dépenses ne sont pas compilées dans d'autres catégories, ultérieurement dans le questionnaire.

Le prix du capital (w_3) se définit par la somme de la dépréciation et des dépenses reliées à l'entretien du capital divisé par l'actif physique net de l'entreprise. Nous avons ajouté à ce ratio un opportunity cost du capital de 12%. La dépréciation se réfère à celle réclamée pour l'équipement, le garage, le terminus et l'administration. Les dépenses d'entretien du capital comprennent la rémunération des mécaniciens et des contremaîtres, les dépenses de pneus et de chambres à air, de lubrifiants et d'antigel, de pièces de véhicule, des dépenses de réparation faites à l'extérieur de l'entreprise, les dépenses de garage et les primes d'assurance à l'exclusion de celles couvrant les pertes et dommages. Le dénominateur, l'actif physique net de l'entreprise, a été obtenu en soustrayant de l'actif total d'une firme les disponibilités. L'unité de cette variable est un prix par unité d'actif physique net.

Un certain nombre d'entreprises échantillonnées n'ont pu être considérées en raison d'un prix du capital aberrant. Certaines firmes ne possèdent aucun actif physique net, louant des camions et des terminus pour leurs activités, alors que d'autres rapportent des valeurs incompréhensibles aux postes de l'actif total de la firme et des disponibilités. Nous avons retenu le nombre 10, qui provient des recherches de Spady et Friedlaender, comme borne maximale du prix du capital.

Le prix du matériel (w_4) est formé par le rappport des dépenses de matériel et de transport acheté sur la distance totale parcourue en kilomètres. Les dépenses de matériel se réfèrent aux dépenses de vente et de trafic, d'administration et d'entretien du terminus alors que les dépenses de transport acheté, c'est-à-dire dépenses de location de véhicules sans chauffeur, s'obtiennent directement de l'enquête MCF. L'unité de cette variable est en dollar par kilomètre.

Quelques rares firmes n'ont pu être retenues en raison de certaines incohérences ou erreurs survenues lors de la collecte de l'information, produisant certains résultats étranges.

Considérations sur les mesures employées des prix des facteurs

Il convient maintenant de situer la définition opérationnelle de ces prix des facteurs en regard de celle des autres chercheurs, principalement américains. Le prix du carburant soulève peu de problèmes en ce que l'enquête MCF de Statistique Canada fournit à la fois le prix et la quantité consommée alors que les recherches américaines, en particulier celles de Friedlaender et ses collaborateurs, doivent utiliser systématiquement des résultats d'analyse de régression pour obtenir le prix du carburant et dégager par la suite la quantité d'essence consommée, étant donné que seules les dépenses de carburant sont compilées directement[9]. Autrement dit, ils imputent à chaque firme de l'échantillon la valeur calculée obtenue en régressant les dépenses en carburant par véhicule-mille de chacune d'elles sur différentes variables technologiques qui reflètent les facteurs responsables de la consommation de carburant.

Le prix de la main-d'oeuvre s'obtient facilement en raison de la pertinence des enquêtes de Statistique Canada qui obtiennent de façon très désagrégée la rémunération et le nombre d'employés. La disponibilité de cette donnée ne cause pas non plus de difficultés sérieuses pour les chercheurs américains. D'autre part, une comparaison avec les données colligées dans le catalogue Emploi, gains et durée de travail (72-002) révèle que la rémunération annuelle moyenne de l'échantillon y est supérieure. Par contre, notre donnée annuelle moyenne comprend tous les avantages sociaux, alors que la rémunération hebdomadaire moyenne pour les transports n'incorpore que les heures supplémentaires.

Le prix du capital est obtenu en employant la définition de Friedlaender et Spady[10]. Mais, les données ramassées par Statistique

Canada et la méthodologie employée ne permettent pas nécessairement d'obtenir la même définition opérationnelle. En effet, notre mesure du prix du capital est de beaucoup inférieure à celle qu'obtiennent les études américaines. À titre d'illustration, le prix moyen du capital de Wang Chiang et Friedlaender[11] est pour les années 1965 à 1973 deux fois plus élevé que notre mesure alors que le prix médian du capital de Daughety[12] est pour les années 1954 à 1959 de 40% supérieur à notre prix moyen du capital. Ces écarts s'expliquent en partie seulement par le taux de rendement sur le capital investi des entreprises américaines de camionnage public qui s'est avéré de beaucoup supérieur à celui obtenu par les entreprises québécoises au cours de ces années. Ayant un taux de rendement élevé, les firmes américaines ont eu tendance à investir davantage que les firmes québécoises, par exemple. Il est alors vraisemblable qu'un pourcentage de l'écart provient aussi de notre méthode de calcul du prix du capital qui n'incorpore pas nécessairement le même contenu définitionnel que la mesure des chercheurs américains.

Finalement, le prix du matériel constitue la variable qui peut être la plus problématique. Et nous nous expliquons derechef. Les auteurs américains n'emploient pas ce facteur, mais bien le transport acheté, c'est-à-dire les dépenses de location d'un véhicule avec ou sans chauffeur. Et pour obtenir le prix du transport acheté , ils procèdent en régressant les achats de transport acheté par véhicule-mille loué sur un certain nombre de variables technologiques qui expliquent le recours au transport acheté. Ils imputent ensuite les valeurs calculées aux firmes de l'échantillon. Cette technique qui leur permet d'obtenir une mesure calculée du prix du transport acheté pour chacune des firmes de l'échantillon n'est pas sans soulever de réserves de la part même de ces auteurs[13]. Or il s'avère impossible d'employer la technique élaborée par Spady et Friedlaender pour obtenir le prix du transport acheté en ce que seulement une trentaine de firmes québécoises déclarent annuellement du transport acheté. De plus, certaines données nécessaires à la formulation de l'analyse de régression sont soit incomplètes, comme le nombre de kilomètres loués et le nombre de camions

et tracteurs loués, soit inexistantes, comme le nombre de kilomètres loués avec chauffeur[14].

Il faut alors définir un autre facteur de production. À cet effet, Kim propose, dans sa thèse de doctorat inédite[15], le prix du matériel. Par dépenses de matériel, Kim entend l'ensemble des dépenses se rapportant aux ventes, au trafic, à l'administration et à l'entretien du terminus. Il va sans dire qu'environ 70% de ces dépenses de matériel sont constituées de salaires. Comme seules les dépenses de matériel sont comptabilisées, il doit alors construire un indice Divisia pour obtenir le prix du matériel. Nous avons, dans un premier temps, employé cette définition opérationnelle du prix du matériel. Cette variable donnait des résultats mitigés pour le Québec alors qu'elle donnait généralement des résultats statistiques peu cohérents et robustes pour les autres provinces canadiennes. Nous avons alors composé d'autres variables qui reflétaient des variantes du prix du transport acheté ou du prix du matériel avec le même insuccès que précédemment. Ces recherches infructueuses nous ont alors incité à adopter la variable qui incorpore à la fois le transport acheté et les dépenses de matériel, le tout divisé par la distance parcourue en kilomètre. L'idée qui sous-tend cette division par la distance est que ce facteur de production doit se rapporter explicitement à des dépenses de route.

Les variables technologiques (t)

Nous employons cinq variables technologiques pour décrire les caractéristiques opérationnelles des entreprises québécoises. Ces dernières sont considérées exogènes en ce qu'elles découlent des permis d'exploitation que leur a accordés la Commission des transports du Québec. Autrement dit, ces variables sont des contraintes imposées et les firmes doivent adapter leur fonction de production en conséquence. La première variable technologique est la distance moyenne par expédition (t_1) et se définit comme le rapport de la distance totale parcourue en kilomètre sur le nombre d'expéditions. Cette variable se veut une approximation implicite de l'étendue des

droits d'exploitation ou du réseau d'une firme de camionnage. Donc, plus l'étendue spatiale du réseau d'une firme est importante plus élevée est la distance parcourue. Elle décrit d'autre part comment une firme peut répartir son facteur fixe, le capital, sur des distances plus longues. L'unité de cette variable est naturellement le kilomètre.

La deuxième variable qualitative est la charge moyenne par expédition (t_2) et s'obtient par le rapport des tonnes transportées sur le nombre d'expéditions. Cette variable technologique s'accroît à mesure qu'une firme produit plus de charges complètes (TL) ou qu'elle augmente son pourcentage d'expéditions équilibrées ou les deux à la fois. Ces deux facteurs reflètent les types de demande que rencontre une firme de même que le réseau de ses activités. Comme la distribution spatiale de la demande influence l'utilisation du capital, la charge moyenne relie l'environnement spacial de la firme au choix des types et des niveaux d'inputs nécessaires. Autrement dit, cette variable indique comment une firme peut répartir son capital fixe sur des chargements plus lourds. Cette variable se mesure en kilogramme.

La troisième variable caractéristique reflète la capacité d'utilisation d'un camion ou tracteur par une firme (t_3) et est formée par le rapport du produit tonnes-kilomètres sur le nombre de camions. Cette variable relie encore une fois le choix des inputs et les relations existantes entre l'input et l'output à la nature de la demande rencontrée par une firme. La capacité d'utilisation tendra à augmenter à mesure que le niveau d'activité de la charge complète prend de l'importance. La dimension de cette variable est la tonne-kilomètre par véhicule motorisé.

La quatrième variable caractéristique est le pourcentage des marchandises qui sont formées de lots brisés ou LTL. Cette variable (t_4) s'obtient par le rapport des tonnes de marchandises formées de lots brisés sur l'ensemble des tonnes transportées par une entreprise[16]. Cette variable prend en considération les opérations principales de la production de lots brisés qui sont la cueillette, la consolidation et la distribution. Par

conséquent, il en coûte plus cher que produire des lots brisés que de la charge complète. Nous avons adopté la mesure traditionnelle d'un lot brisé, c'est-à-dire toute envoi dont le poids est inférieur à 5 000 kilos ou environ 10 000 livres.

La cinquième variable technologique est le coût unitaire de l'assurance (t_5) et elle s'obtient par le ratio du coût de l'assurance couvrant les pertes et dommages sur les tonnes-kilomètres. Cette variable représente la qualité de service offert par une firme et est fonction de la valeur et de la qualité intrinsèque des marchandises à transporter, lesquelles proviennent encore une fois des permis accordés par la régie publique c'est-à-dire la demande réelle d'une firme. Elle se mesure en dollar par tonne-kilomètre.

Remarques sur les mesures des variables technologiques

Il convient maintenant procéder à une brève comparaison de ces variables technologiques avec celles employés par les autres chercheurs. Cette approche parallèle facilitera par la suite l'analyse des résultats obtenus. La variable technologique, distance parcourue par expédition, se compare avantageusement à celle employée par Spady et Friedlaender bien que ces derniers l'obtiennent par le rapport des produits des tonnes-kilomètres sur les tonnes transportées. Notre définition opérationnelle de la distance respecte le contenu essentiel de cet attribut qualitatif à savoir permettre de différencier, d'une manière grossière, les firmes sur la base de leur réseau d'opération. La deuxième variable technologique, charge moyenne par expédition, ne soulève aucun problème, en ce qu'elle est en conformité avec les définitions des diverses recherches recensées. Daughety de même que Spady et Friedlaender emploient la même définition opérationnelle. Elle permet d'accentuer les différences existantes entre les firmes, mais cette fois en fonction de leur marché respectif à desservir.

La troisième variable caractéristique diffère de celle employée par Spady et Friedlaender qui la définissent comme étant le rapport des tonnes-kilomètres sur le produit véhicules-kilomètres. Notre définition opérationnelle est formés du produit tonne-kilomètres sur le nombre de véhicule. Elle se distingue aussi de celles de Kim et de Daughety en ce que ces derniers la définissent respectivement comme le rapport des tonnes sur les kilomètres et le rapport des tonnes sur le nombre de voyages. Cet attribut technologique permet de distinguer les firmes les unes des autres en faisant ressortir les restrictions opérationnelles inhérentes à leur permis. Nous avons dû procéder de cette manière pour éviter certains problèmes de dépendance linéaire et de multicollinéarité entre certaines variables indépendantes. En effet, nous ne pouvions pas employer, au départ, les trois définitions opérationnelles de Spady et Friedlaender parce que nous aurions obtenu une variable qui aurait été une combinaison linéaire des deux autres. En effet, les données de Statistique Canada fournissent le nombre d'expéditions et on ne fait pas mention du nombre de voyages qu'ils soient formés par le chargement d'un seul expéditeur (TL) ou par la consolidation de plusieurs expéditions (LTL). Il nous aurait alors fallu utiliser la tonne par voyage plutôt que la tonne par envoi ou expédition. Kim a commis cette erreur dans sa thèse de doctorat, ce qui l'a conduit éventuellement à employer la variable capacité d'utilisation d'un camion comme une des variables technologiques. D'autre part, le prix du matériel était fortement en corrélation avec la distance moyenne définie par le rapport tonnes-kilomètres sur tonnes ($r= 0,945$) ainsi qu'avec le poids moyen défini par le rapport des tonnes-kilomètres sur les véhicules-kilomètres ($r= 0,724$). Il nous a alors fallu définir différemment la distance moyenne et employer une autre variable pour représenter la grosseur moyenne par expédition. Pour y parvenir, nous avons redéfini la charge moyenne par expédition et nous avons substitué la capacité d'utilisation d'un camion à la grosseur moyenne par envoi. Ces diverses modifications ont eu pour effet de réduire le coefficient de correlation entre la distance parcourue et le prix du matériel à $r= -0,114$ et celui entre la distance parcourue et la capacité d'utilisation d'un camion à $r= 0,334$.

Quant aux variables se referant aux lots brisés et au coût de l'assurance, elles sont absolument semblables à celles des autres chercheurs. Le tableau 1 donne un sommaire des différentes définitions des variables technologiques employées par les principaux chercheurs recensés.

Les autres variables

Nous complétons cette présentation des variables pertinentes par la mesure de la production d'une firme de camionnage (y), la tonne-kilomètre. Quand aux parts relatives des facteurs (D_i) dans la demande implicite, elles sont définies comme les coûts du facteur i dans le coût total de la firme. Le coût total (CT) est évidemment égal à la somme des quatre facteurs de production employés. Le tableau 2 présente la moyenne et l'écart-type de ces diverses variables pour l'année 1984 alors que le tableau 3 montre la matrice des coefficients de correlation entre les mêmes variables qui entrent dans l'analyse de régression. Les moyennes sont des moyennes simples de chacune des variables des entreprises recensées.

3.2 La forme fonctionnelle

La forme fonctionnelle de longue période à estimer se présente maintenant de la façon suivante:

$$\begin{aligned}\ln C(y, w, t) = {} & a_0 + \sum_i a_i(\ln w_i - \ln \bar{w}_i) + \sum_j b_j(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) \\ & + c\,(\ln y - \ln \bar{y}) + 1/2 \sum_i \sum_l A_{il}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln w_l - \ln \bar{w}_l) \\ & + \sum_i \sum_j B_{ij}(\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) \\ & + \sum_i C_i (\ln w_i - \ln \bar{w}_i)(\ln y - \ln \bar{y}) \\ & + 1/2 \sum_j \sum_m D_{jm}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j)(\ln t_m - \ln \bar{t}_m) \\ & + \sum_j E_j(\ln t_j - \ln \bar{t}_j)(\ln y - \ln \bar{y}) \\ & + 1/2\, F(\ln y - \ln \bar{y})^2 + \varepsilon_c \end{aligned} \qquad (14)$$

TABLEAU 1

Sommaire et comparaison des variables technologiques

Variables technologiques	Friedlaender et Spady	Daughety	Kim	Boucher
Distance moyenne parcourue	Tonnes-kilomètres / tonnes	Tonnes-kilomètres / tonnes	Kilomètres / expéditions	Kilomètres / expéditions
Charge moyenne	Tonnes / expéditions	Tonnes / expéditions	Tonnes / expéditions	Tonnes / expéditions
Capacité d'utilisation par véhicule	Tonnes-kilomètres / véhicules-kilomètres	Tonnes / voyages	Tonnes-kilomètres / véhicules	Tonnes-kilomètres / véhicules
Pourcentage des marchandises formées lots brisés	% des tonnes de LTL / tonnes	—	% des tonnes de LTL / tonnes	% des tonnes de LTL / tonnes
Coût unitaire de l'assurance	Assurance / tonnes-kilomètres	Assurance / kilomètres	—	Assurance / tonnes-kilomètres

Source: A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, Cambridge, The MIT Press, 1981, appendice A, p. 203-211.
A.F. Daughety, F.D. Nelson et W.R. Vigdor. "An Econometric Analysis of the Cost and Production Structure of the Trucking Industry" dans Analytical Studies in Transport Economics, sous la direction de A.F. Daughety, New York, Cambridge University Press, 1985, p. 91.
M. Kim. The Structure of Technology of the Canadian Trucking Industry, thèse de doctorat inédite, Université de Toronto, 1982, p. 97-98.

TABLEAU 2

Sommaire des variables explicatives de la fonction de coût du Québec pour l'année 1984

Variable		Unité	Moyenne	Écart-type
Prix des facteurs (w)				
Essence	w_1	$ par litre	0,456	0,042
Main-d'oeuvre	w_2	$ par homme-année	30 250	8 495
Capital	w_3	$ par unité d'actif physique net	0,968	0,537
Matériel	w_4	$ par kilomètre	1,08	4,69
Variables technologiques (t)				
Distance moyenne par expédition	t_1	kilomètres	226,82	167,82
Charge moyenne par expédition	t_2	kilogrammes	14 275	11 623
Capacité d'utilisation par véhicule	t_3	tonnes-kilomètres par véhicule motorisé (000)	1 201,47	1350,19
Pourcentage des marchandises formées de lots brisés	t_4	pourcentage	15,52	17,56
Coût unitaire de l'assurance	t_5	$ par tonne-kilomètre	0,0054	0,0123
Production	y	tonne-kilomètre (000)	31 498	82 856
Coût total	CT	$ (000)	3 428	8 410

TABLEAU 3

Matrice des coefficients de corrélation pour les variables indépendantes et la variable dépendante

	CT	W_1	W_2	W_3	W_4	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	y
CT	1	-0,0500	0,2364	-0,1230	-0,0319	0,1244	-0,1619	0,0017	0,0414	-0,0776	0,8657
W_1		1	-0,0590	0,0867	-0,0234	0,0375	0,0512	0,0266	-0,0538	0,0397	-0,0801
W_2			1	-0,0257	-0,0373	0,1820	-0,1173	0,1964	-0,0339	-0,0697	0,2302
W_3				1	0,1257	0,0376	0,0920	-0,0116	0,0043	0,00[illegible]	-0,1124
W_4					1	-0,1140	0,0421	-0,0853	-0,0814	0,139[illegible]	-0,0407
t_1						1	-0,0868	0,3339	0,0266	-0,1533	0,2860
t_2							1	0,4345	-0,6643	-0,1154	-0,0246
t_3								1	-0,2912	-0,2391	0,2971
t_4									1	0,1516	-0,0242
t_5										1	-0,1317
y											1

Cette équation (14) est un cas particulier de l'équation (4) en ce qu'elle n'incorpore qu'une mesure d'output, la tonne-kilomètre. Cette substitution implique la disparition de certains termes d'interactions et la réduction du nombre de paramètres à estimer. Les diverses restrictions développées précédemment, dont certaines se retrouvent dans les termes quadratiques, c'est-à-dire les expressions multipliées par la fraction 1/2, sont prises en considération lors de l'analyse de régression. Quant aux équations de parts relatives de facteurs, elles deviennent:

$$D_i = w_i x_i / C = a_i + \sum_l A_{il}(\ln w_l - \ln \bar{w}_l) + \sum_j B_{ij}(\ln t_j - \ln \bar{t}_j) + C_i(\ln y - \ln \bar{y}) + \epsilon_i \quad i=1,3 \qquad (15)$$

Ce système de quatre équations est estimé en employant la technique SUR développée par Zellner. Cette utilisation des moindres carrés généralisés s'accompagne d'un processus itératif qui ne cesse que lorsque les paramètres estimés convergent. Le programme utilisé est l'algorithme SYSNLIN de SAS. Nous omettons dans la procédure d'estimation la part relative du facteur matériel. Toutefois les paramètres estimés sont invariants à l'équation omise et ils possèdent tous les propriétés asymptotiques des coefficients du maximum de vraisemblance.

4. ANALYSE DES RÉSULTATS

L'analyse de régression se fera sur 337 observations puisque un test F permet de regrouper les données des trois années disponibles[17]. Si les contraintes sur l'homogénéité sont prises en considération, le modèle estimé comprend 9 variables explicatives, soit un output, trois prix des facteurs et cinq variables technologiques, ainsi que 55 paramètres et trois équations de part de marché. Comme les contraintes sur l'homogénéité permettent d'obtenir les coefficients sur le prix du facteur additionnel, le tableau 4 donne les résultats pour les dix variables indépendantes, les 65 coefficients et les quatre équations de part de marché.

TABLEAU 4

Coefficients de la fonction translog pour le Québec

Coefficient (a)	Variable (b)	Valeur	Écart-type
a_0	constante	-0,2296	0,1462
a_1	w_1 (essence)	0,2086	0,0176
a_2	w_2 (travail)	0,2834	0,0135
a_3	w_3 (capital)	0,3209	0,0119
a_4	w_4 (matériel)	0,1870	0,0155
b_1	t_1 (distance)	-0,0583	0,1153
b_2	t_2 (poids)	-0,7526	0,1288
b_3	t_3 (utilisation)	-0,5788	0,1279
b_4	t_4 (LTL)	-0,3123	0,0850
b_5	t_5 (assurance)	-0,0280	0,1358
c	y (output)	0,7538	0,0963
A_{11}	$1/2\ (w_1)^2$	0,0525	0,0061
A_{12}	$w_1\ w_2$	-0,0226	0,0095
A_{13}	$w_1\ w_3$	-0,0180	0,0052
A_{14}	$w_1\ w_4$	-0,0123	0,0035
A_{22}	$1/2\ (w_2)^2$	0,0726	0,0029
A_{23}	$w_2\ w_3$	-0,0139	0,0063
A_{24}	$w_2\ w_4$	-0,0364	0,0043
A_{33}	$1/2\ (w_3)^2$	0,0400	0,0019
A_{34}	$w_3\ w_4$	-0,0081	0,0035
A_{44}	$1/2\ (w_4)^2$	0,0568	0,0044
B_{11}	$w_1\ t_1$	0,0072	0,0055
B_{12}	$w_1\ t_2$	0,0279	0,0056
B_{13}	$w_1 t_3$	0,0132	0,0064
B_{14}	$w_1\ t_4$	-0,0029	0,0040
B_{15}	$w_1\ t_5$	0,0147	0,0060
B_{21}	$w_2\ t_1$	-0,0590	0,0070
B_{22}	$w_2\ t_2$	0,0357	0,0067
B_{23}	$w_2\ t_3$	-0,0611	0,0079
B_{24}	$w_2\ t_4$	0,0178	0,0049
B_{25}	$w_2\ t_5$	-0,0101	0,0073
B_{31}	$w_3\ t_1$	0,0130	0,0063
B_{32}	$w_3\ t_2$	0,0356	0,0059
B_{33}	$w_3\ t_3$	0,0102	0,0057
B_{34}	$w_3\ t_4$	0,0051	0,0044
B_{35}	$w_3\ t_5$	0,0211	0,0064
B_{41}	$w_4\ t_1$	0,0388	0,0082
B_{42}	$w_4\ t_2$	-0,0992	0,0078
B_{43}	$w_4\ t_3$	0,0377	0,0092
B_{44}	$w_4\ t_4$	0,0200	0,0084
B_{45}	$w_4\ t_5$	0,0257	0,0086

TABLEAU 4 (suite)

Résultats de la fonction translog pour le Québec

Coefficient (a)	Variable (b)	Valeur	Écart-type
C_{1y}	w_{1y}	0,0119	0,0023
C_{2y}	w_{2y}	0,0241	0,0050
C_{3y}	w_{3y}	0,0007	0,0044
C_{4y}	w_{4y}	-0,0189	0,0057
D_{11}	$1/2(t_1)^2$	-0,0028	0,0762
D_{12}	$t_1\ t_2$	-0,1489	0,0531
D_{13}	$t_1\ t_3$	-0,1277	0,0693
D_{14}	$t_1\ t_4$	0,0024	0,0410
D_{15}	$t_1\ t_5$	-0,1630	0,0619
D_{22}	$1/2\ (t_2)^2$	-0,2645	0,0981
D_{23}	$t_2\ t_3$	-0,0264	0,0630
D_{24}	$t_2\ t_4$	-0,1508	0,0651
D_{25}	$t_2\ t_5$	-0,0869	0,0550
D_{33}	$1/2\ (t_3)^2$	0,1995	0,1042
D_{34}	$t_3\ t_4$	-0,0417	0,0478
D_{35}	$t_3\ t_5$	0,0401	0,0750
D_{44}	$1/2\ (t_4)^2$	-0,0738	0,0485
D_{45}	$t_4\ t_5$	-0,0508	0,0432
D_{55}	$1/2\ (t_5)^2$	-0,0448	0,0693
E_{1y}	$t_1\ y$	0,0246	0,0463
E_{2y}	$t_2\ y$	-0,0934	0,0423
E_{3y}	$t_3\ y$	-0,0866	0,0418
E_{4y}	$t_4\ y$	-0,0856	0,0344
E_{5y}	$t_5\ y$	-0,0479	0,0469
F_{yy}	$1/2(y)^2$	-0,0118	0,0426

	R^2	RMSE
Équation de coût	0,9077	0,3449
Équation du travail	0,4171	0,6732
Équation de l'essence	0,3178	0,0597
Équation du capital	0,4600	0,0651
Équation du matériel	0,5410	0,0870

(a) Comme spécifié dans l'équation (14).

(b) Le terme logarithmique a été omis.

Le tableau 4 présente les coefficients des équations de coût et de parts des facteurs qui ont été conjointement estimées. Les paramètres estimés sont généralement statistiquement significatifs et le coefficient de détermination (R^2) de la fonction de coût relève la puissance relative de la spécification retenue. De plus, les faibles valeurs du coefficient de détermination enregistrée pour les parts relatives des facteurs ne sont pas inhabituelles pour un modèle translog. Les commentaires généraux portent successivement sur les prix des facteurs (w_i), les attributs qualitatifs (t_j) et les variables d'interaction entre les prix des facteurs et d'une part les variables technologiques ($w_i t_j$) et d'autre l'output ($w_i y$).

Seul le coefficient de la part du capital (0,32) se compare avantageusement aux résultats de Spady et Friedlaender et Daughety alors que les autres coefficients s'en démarquent systématiquement. Une partie de cette différence provient de la spécification de notre modèle qui incorpore un facteur différent de leurs recherches, soit le prix du matériel au lieu du transport acheté. Par exemple, le coefficient du facteur travail (a_2) se situe autour de 0,28 tandis que les études américaines, déjà mentionnées, obtiennent un paramètre de 0,50. Or il faut rappeler qu'un fort pourcentage du contenu de la variable matériel contient aussi de la main-d'oeuvre, ce qui réduit d'autant la part relative du travail. Quant à la part relative du carburant, son coefficient a_1 gravite autour de 0,21 et est de beaucoup supérieur à la valeur de 0,04 obtenue par Spady et Friedlaender. Dans ce dernier cas, l'explication réside, en partie seulement, dans les majorations successives du prix du carburant survenues depuis 1973 ainsi que par les hausses de taxe sur le carburant imposées par le gouvernement du Québec. Finalement, une brève comparaison avec les résultats de Kim qui emploie une spécification davantage plus semblable à la nôtre, révèle que les coefficients des parts de facteur sont généralement du même ordre de grandeur, sauf pour le carburant. Au total, la spécification du modèle saisit relativement bien les influences de ces facteurs sur les coûts, compte tenu des difficultés opérationnelles rencontrées pour bien les définir.

Les trois premiers coefficients linéaires des variables caractéristiques se référant à la distance, à la charge et à la capacité d'utilisation sont, comme prévu, négatifs en ce que des distances plus longues (t_1), des expéditions plus lourdes (t_2) et une meilleure utilisation de la capacité d'un véhicule (t_3) réduisent les dépenses de manutention aux terminus et, par conséquent, diminuent les frais d'exploitation. Comme des hausses du pourcentage des lots brisés (t_4) suggèrent beaucoup d'envois par camion et, par conséquent, davantage de dépenses de manutention aux terminus, ce coefficent linéaire doit être positif. Or il est négatif et statistiquement différent de 0. Autrement dit, la firme québécoise moyenne possède une certaine capacité de production excédentaire et une hausse de son pourcentage de lots brisés diminuerait éventuellement ses coûts de production. La dernière variable technologique touche la qualité du service (t_5) et sert à saisir ou à capter les différences qui peuvent exister dans la composition de la production. Son coefficient devrait être positif en ce que la manutention de marchandises fragiles et de haute valeur haussent les coûts. Comme il est négatif, cela implique que la firme québécoise peut réduire ses coûts en augmentant la quantité de transport de ces produits.

En résumé, tout accroissement de l'ampleur du réseau (t_1), du nombre et des genres de marché à desservir (t_2), du niveau de l'équilibre spatial des allers et des retours ainsi que du niveau des demandes de charge complète (t_3), du pourcentage des lots brisés dans la production (t_4) et du transport des produits fragiles et de haute valeur (t_5) conduit à une meilleure utilisation du travail et du capital. En effet, toute amélioration au niveau de ces cinq variables technologiques réduit nécessairement les rigidités et les lourdeurs inhérentes à la distribution spatiale de la demande et de l'offre et améliore par conséquent les possibilités de mieux mélanger et agencer les chargements. De plus, le fait que les coefficients quadratiques de ces cinq attributs qualitatifs, c'est-à-dire les termes accompagnés de la fraction 1/2, sont aussi généralement significatifs, indique nettement que les variables influencent les coûts et la technologie et qu'ils doivent entrer directement dans la fonction de coût.

Quant aux coefficients des variables (w_i t_j) qui reflètent l'interaction de prix des facteurs et des variables qualitatives, ils sont généralement significatifs, ce qui implique que la technologie n'est pas séparable selon les caractéristiques d'opération. Non seulement, les caractéristiques qualitatives influencent les coûts, mais elles touchent aussi les parts des facteurs et leurs utilisations. Finalement, les coefficients des variables (w_i y) qui reflètent l'interaction des prix des facteurs et de l'output sont généralement significatifs. La conséquence directe de ces résultats statistiques sont que la production n'est pas homothétique, ni séparable; les parts des facteurs et leurs intensités varient donc selon le niveau de production. En somme, tous ces résultats démontrent qu'il est impossible d'émettre des généralisations globales sur la nature de la technologie et des rendements à l'échelle des entreprises puisque les mesures des élasticités-coût varieront autant en fonction du niveau de production qu'en fonction du niveau de prix des facteurs et du niveau des caractéristiques technologiques.

4.1 Les élasticités-prix et de substitution

Néanmoins, il demeure possible d'émettre des observations, de faire des commentaires sur les estimés de certaines mesures d'élasticité que permet la fonction translog. Ces calculs sont faits au point d'approximation représenté par la moyenne des variables indépendantes. Le tableau 5 présente les élasticités estimées de substitution et les élasticité-prix estimées de la demande de chaque facteur ainsi que les écarts-types qui sont entre parenthèses. Les coefficients s'avèrent conformes aux prévisions théoriques. Ainsi tous les facteurs de production sont des substituts et tous les coefficients des élasticités de substitution sont statistiquement inférieurs à l'unité. Quant aux paramètres de élasticité-prix propres de chacun des facteurs, ils sont tous négatifs et statistiquement inférieurs à l'unité. Plus précisément, les coefficients estimés pour les élasticités-prix du travail et du capital se comparent avantageusement avec ceux obtenus par Friedlaender et Spady, Kim et Daughety. Par contre la valeur de l'élasticité-prix du carburant est généralement plus élevée que celle obtenue

TABLEAU 5

Élasticités partielles de substitution à la Allen-Uzawa et élasticité-prix de la demande de facteurs

	Carburant	Travail	Capital	Matériel
Carburant	-	0,6067 (0,1111)	0,6286 (0,1637)	0,6288 (0,1949)
Travail	-	-	0,8302 (0,0424)	0,2850 (0,3878)*
Capital	-	-	-	0,8301 (0,0838)
Élasticité-Prix	-0,5226 (0,0302)	-0,4458 (0,0189)	-0,5694 (0,0266)	-0,4428 (0,1546)

* Dénote que le coefficient n'est pas satistiquement significatif au seuil de 5%.

N.B. Les écarts-types sont entre parenthèses.

par les deux premiers auteurs, soit -0,5226 en regard de -0,3995, alors que ce même coefficient est plus petit que celui estimé par Kim, soit -0,7358. La valeur élevée de ce coefficient d'inélasticité de la demande reflète davantage le comportement de longue période de firmes qui ont eu à subir les deux hausses successives du cartel de l'OPEP ainsi que la majoration de 50% de la taxe québécoise sur les carburants en 1981. Pour atténuer ces différentes hausses de prix du carburant, les firmes ont réduit partiellement leur niveau d'activité ou ont procédé à une hausse des dépenses d'entretien ou les deux à la fois, pour améliorer l'efficacité de la consommation de carburant des camions et tracteurs. Cependant, il nous est difficile de mesurer l'importance réelle de cette deuxième possibilité en raison de la faible élasticité de substitution du carburant pour le capital, soit 0,6286. Kim croit beaucoup à l'importance de ce deuxième facteur puisque la valeur de son élasticité de substitution du carburant au capital est de 1,1188, presque le double de notre coefficient estimé. Finalement la valeur estimée de l'élasticité-prix du matériel est inférieure à celle obtenue par Kim. Une explication possible et probable est que notre définition de cette variable diffère quelque peu de celle utilisée par ce dernier.

Si on regarde le mécanisme de substitution entre les facteurs de cette fonction, on constate que l'élasticité de substitution du carburant au travail de même que celle du carburant au capital peuvent apparaître quelque peu faibles. Cependant les recherches américaines recensées obtiennent sensiblement les mêmes résultats. Kim se démarque de toutes les recherches existantes en obtenant une élasticité de substitution du carburant au capital supérieure à l'unité, soit 1,1188. Friedlaender et Spady attribuent cette apparente substituabilité du carburant au travail, pour qu'elle ne soit pas paradoxale, aux deux raisons suivantes: la consommation inefficace d'essence par les gros tracteurs et au fait que les hausses salariales incitent les entreprises à substituer des gros véhicules lourdement chargés aux petits véhicules. Finalement, la valeur de l'élasticité de substitution du capital à la main-d'oeuvre est du même ordre de grandeur que celle dégagées par toutes les études recensées. Cette valeur inférieure

à l'unité s'explique par le fait que pour maintenir le même niveau de production, les firmes doivent lui substituer des véhicules plus gros ou entretenir plus efficacement leur stock de capital roulant ou les deux à la fois.

Les coefficients estimés des élasticités de substitution du matériel au carburant, et du matériel au capital sont relativement du même ordre de grandeur que ceux obtenus par Kim. Le carburant et le matériel sont substituts en ce qu'une hausse du prix du matériel diminue la main-d'oeuvre associée aux activités du terminus et oblige les firmes à solliciter de leurs clients des expéditions plus grosses et, par conséquent, plus de carburant à consommer. La substitution du capital au matériel s'explique en ce que les hausses de prix du matériel induisent les firmes à réduire la main-d'oeuvre oeuvrant dans les terminus. Il devient alors intéressant de solliciter des expéditions parcourant des distances plus longues. Or il faut accroître le capital pour transporter des marchandises sur des distances plus longues. Finalement, l'élasticité de substitution du travail au matériel n'est pas statistiquement différents de 0 alors que Kim obtient une valeur de 1,2615. Cependant, il est difficile de comprendre la justification analytique de Kim qui porte sur la substitution des chauffeurs aux employés de terminus lors des opérations de chargement-déchargement au terminus lorsqu'il se produit une hausse du prix du matériel. Elle ne s'apparente pas aux pratiques courantes de l'industrie, surtout si les employés sont syndiqués. Lorsqu'ils ne sont pas syndiqués, ils peuvent participer aux opérations sur les quais, mais cela dépend de la grandeur des firmes.

4.2 Les élasticités relatives au coût

Le tableau 6 présente les coefficients des diverses élasticités de la fonction de coût par rapport à la production et aux caractéristiques technologiques. Ainsi le coefficient linéaire du terme de l'output (c) montre que l'entreprise québécoise moyenne en termes d'output, de conditions technologiques et de prix des facteurs peut réaliser des économies d'échelle importantes, puisqu'il s'établit à 0,7538 et est statistiquement inférieur à

TABLEAU 6

Élasticité de la fonction de coût par rapport aux variables technologiques et à l'output

Élasticité-coût par rapport à:	
production (y)	0,7538 (0,0963)*
distance (E_{1y})	0,0246 (0,0463)
charge (E_{2y})	-0,0934 (0,0423)*
capacité d'utilisation (E_{3y})	-0,0866 (0,0418)*
% LTL (E_{4y})	-0,0856 (0,0344)*
assurance (E_{5y})	-0,0479 (0,0469)
(F_{yy})	-0,0118 (0,0426)

* Dénote que le coefficient est statistiquement significatif au seuil de 5%.
N.B. Les écarts-types sont entre parenthèses.

l'unité. Quant à la forme de la courbe de coût, elle est donnée par le paramètre quadratique du terme de l'output (F_{yy}). Ce dernier coefficient n'étant pas statistiquement différent de 0, il est impossible d'inférer quelle est la forme exacte de la courbe de coûts moyens. En effet, si ce terme quadratique était positif, la firme québécoise possèderait alors une courbe de coûts moyens en forme de U alors qu'un coefficient négatif impliquerait une forme de la courbe en U qui serait inversée et asymétrique.

D'autre part, comme les firmes québécoises ne se maintiennent généralement pas autour de la moyenne des caractéristiques technologiques, il devient alors intéressant de considérer l'influence de ces variables sur la réalisation des économies d'échelle. Bien que la valeur respective des cinq coefficients pertinents soit faible, trois sont tout de même statistiquement significatifs. En d'autres termes, ils indiquent comment les firmes québécoises peuvent réaliser les économies d'échelle que leur permet l'ampleur relative du marché québécois. Ainsi, le fait que le coefficient de la distance parcourue (t_1) n'est pas statistiquement significatif montre qu'il leur est presque impossible d'avoir des réductions de coût qui peut provenir d'une augmentation de la distance moyenne de leurs expéditions. Cette observation découle de la dissémination et de la configuration des flux de marchandises entre les villes québécoises. Par contre, les firmes peuvent réaliser ces économies d'échelle en augmentant la charge moyenne des expéditions (t_2)[18] ainsi que par une meilleure capacité d'utilisation de leur flotte de véhicules (t_3) en ce que les coefficients de ces variables sont négatifs et statistiquement différents de zéro. Un autre moyen pour les firmes québécoises de réduire leur coûts est d'accroître leur pourcentage de lots brisés (t_4) dans leur production multiple[19]. Malgré que ce coefficient soit surprenant, à priori, il s'explique très bien si on regarde la moyenne de cette variable qui est 15,52%. Or ce même pourcentage gravite autour de 50 dans les études de Spady et Friedlaender. La valeur négative de ce paramètre semble indiquer que les firmes québécoises n'ont pas encore atteint la combinaison optimale de charge complète (TL) et de lots brisés (LTL). La variable reflétant les coûts plus élevés de transporter des

produits fragiles et de haute valeur (t_5) n'étant pas statistiquement différente de 0, il est difficile d'en inférer quelque chose. Cependant, que le coefficient soit négatif et réduise les coûts, à la marge, n'est sûrement pas indépendant du fait précédent, à savoir que la variable du coefficient du LTL est négative. Autrement dit, les coûts de production seraient encore plus faibles si le pourcentage de LTL augmentait en ce que le coût des assurances pourrait être reparti sur davantage de produits transportés. Le coefficient de corrélation partiel de 0,1278 permet aussi de soutenir cette idée.

Le tableau 7 décrit les conséquences des variations des variables technologiques sur les parts relatives des facteurs dans le coût total, c'est-à-dire les coefficients décrivant l'interaction des variables ($w_i t_j$) de la fonction de coût. À titre d'illustration, une augmentation de la distance parcourue diminue la part relative du coût du travail de (-0,0590) et augmente la part relative de coûts de tous les autres facteurs de production. Toutefois comme le fait pertinemment remarquer Friedlaender et Spady, cette baisse de la part relative des coûts du travail à la suite d'une augmentation de la distance parcourue n'implique pas que le niveau absolu de ce facteur va s'accroître en ce qu'il faut prendre en considération l'élasticité de la demande du facteur i par rapport à la variable technologique j. En d'autres mots, il faut décomposer tout le mécanisme de substitution entre les facteurs lorsque le prix de l'un varie à la suite d'une variation d'une variable technologique et que les autres prix demeurent constants. Cette réaction est donnée par l'expression:

$$\frac{b_j + B_{ij}}{a_i} \qquad (16)$$

où b_j est le coefficient de la variable technologique j, B_{ij} le coefficient de l'interaction des ($w_i t_j$) et a_i le coefficient du facteur de production i.

TABLEAU 7

Les équations de parts de marché par rapport aux prix moyens des facteurs et de l'output moyen

Prix des facteurs (w_i) / Attributs (t_j)	Carburant	Travail	Capital	Matériels
Constante	0,2086	0,2834	0,3209	0,1870
	(0,0176)	(0,0135)	(0,0119)	(0,1553)
Distance	0,0072	-0,0590	0,0130	0,0388
	(0,0055)	(0,0070)	(0,0063)	(0,0082)
Charge	0,0279	0,0357	0,0356	-0,0992
	(0,0056)	(0,0067)	(0,0059)	(0,0078)
Capacité d'utilisation	0,0132	-0,0611	0,0102	0,0377
	(0,0064)	(0,0079)	(0,0057)	(0,0092)
%LTL	-0,0029	0,0178	0,0051	0,0200
	(0,0040)	(0,0049)	(0,0044)	(0,0084)
Assurance	0,0147	-0,0101	0,0211	0,0257
	(0,0060)	(0,0073)	(0,0064)	(0,0086)

Ces résultats de même que leurs écarts-types sont compilés au tableau 8. Ainsi une hausse de 1 pour cent du pourcentage des lots brisés réduit les coûts de 0,31 pour cent et cette réduction se répartit ou se diffuse de la manière suivante sur l'utilisation des facteurs: une baisse de la consommation de carburant de 0,33 pour cent, de la main-d'oeuvre de 0,25 pour cent, du capital de 0,33 pour cent et du matériel de 0,36 pour cent. D'autre part une meilleure capacité d'utilisation des véhicules de 1 pour cent réduit les coûts de 0,58 pour cent et cette dernière prend la forme alors d'une baisse du carburant de 0,52 pour cent, de la main-d'oeuvre de 0,79 pour cent, du capital de 0,55 pour cent et du matériel de 0,38 pour cent. Il est difficile d'inférer avec certitude comment se propagent des accroissements de la distance et de l'assurance sur la réduction des coûts en ce que les coefficients ne sont pas statistiquement significatifs. En résumé, les modifications de coûts qu'occasionnent des variations des variables technologiques se font principalement ressentir sur la main-d'oeuvre et à des degrés moindres sur le capital et le carburant.

4.3 L'éventail de produits multiples: test d'hypothèses

Wang Chiang et Friedlaender ont été les premiers chercheurs en transport routier des marchandises à utiliser l'approche de la production multiple[20]. Ces deux auteurs classifient, dans un premier temps, la production d'une firme de camionnage public en charge complète (TL) et en consolidation de lots brisés (LTL) et répartissent ensuite les chargements de lots brisés selon la distance parcourue. Au total, ils dégagent qu'une entreprise de camionnage produit quatre prestations de service, soit de la charge complète et des lots brisés transportés respectivement sur des distances inférieures à 250 milles, sur des distances variant entre 250 milles à 500 milles et sur des distances supérieures à 500 milles. La segmentation du marché des lots brisés selon la distance les oblige à se préoccuper du réseau d'une firme de camionnage dans la production des lots brisés. Tout particulièrement, deux aspects du réseau d'une firme de camionnage public s'avèrent importants: l'utilisation du réseau et la configuration du réseau.

TABLEAU 8

Élasticités du coût et de la demande de facteur par rapport aux variables technologiques

	Coût	Carburant	Travail	Capital	Matériel
Distance	-0,0583	-0,0236	-0,2664	-0,0175	0,1495
	(0,1153)	(0,1038)	(0,1164)	(0,1152)	(0,1178)
Charge	-0,7526	-0,6187	-0,6268	-0,6418	-1,281
	(0,1288)	(0,1263)	(0,1020)	(0,1284)	(0,1380)
Capacité d'utilisation	-0,5788	-0,5160	-0,7948	-0,5471	-0,3777
	(0,1279)	(0,1152)	(0,1298)	(0,1400)	(0,1293)
% LTL	-0,3123	-0,3262	-0,2495	-0,3283	-0,3652
	(0,0850)	(0,0843)	(0,0851)	(0,0847)	(0,1144)
Assurance	-0,0280	0,0423	-0,0640	0,0375	-0,1663
	(0,1358)	(0,1337)	(0,1363)	(0,1359)	(0,1764)
Output	0,7538	0,7256	0,8388	0,7747	0,6527
	(0,0963)	(0,0873)	(0,0962)	(0,0961)	(0,1004)

Nous n'avons vérifié cette possibilité de productions multiples que partiellement en raison de l'absence complète de données permettant de connaître ce qui constitue le réseau d'une entreprise québécoise. Au départ, il nous faut rejeter l'hypothèse que la production d'une firme de camionnage soit unique. En effet, un test F révèle qu'il faut accepter, d'un point de vue statistique, l'hypothèse que la production de charge complète et de lots brisés sont deux produits différents. Quant à la désagrégation des lots brisés selon la distance, les différents tests statistiques nous obligent à accepter l'hypothèse que la production québécoise de lots brisés ne se différencie pas statistiquement selon la distance(21). Cela s'explique par l'exiguïté du marché québécois qui ne facilite pas une grande spécialisation comme aux États-Unis, par exemple. En effet, les transporteurs québécois dits "généralistes" produisent conjointement de la charge complète et des lots brisés et cette production de l'une se réalise généralement sur un segment d'un parcours et la production de la seconde sur l'autre segment du même parcours. Or la géographie de la province ne permet pas de subdiviser la production de lots brisés selon la distance comme aux États-Unis. Autrement dit, les rayons d'action des entreprises québécoises sont très limités et peu diversifiés en raison des faibles distances à parcourir.

Cependant, le message essentiel de Wang Chiang et Friedlaender demeure à savoir que la désagrégation de la production des tonnes-kilomètres en plusieurs produits distincts, principalement selon la distance, ne permet pas de dégager les mêmes conclusions sur la structure des coûts que celle découlant d'une mesure plus agrégée de la production. À titre d'exemple, ces deux auteurs démontrent que la spécification d'une fonction de coût comportant plusieurs produits révèle l'existence de rendements constants à l'échelle alors qu'une spécification d'un seul output ou d'outputs moins désagrégés conduit à inférer l'existence de deséconomies d'échelle.

5. RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES ET CONSIDÉRATIONS DE POLITIQUE ÉCONOMIQUE

Les résultats économétriques de la partie précédente décrivent bien les caractéristiques essentielles de l'industrie québécoise du camionnage public. Avant de les utiliser pour indiquer et analyser les réactions éventuelles et possibles de l'industrie québécoise à des modifications structurelles comme par exemple la déréglementation et le libre-échange canado-américain en matière de camionnage, il est pertinent de mettre en parallèle certains événements de l'épisode américaine de la déréglementation du camionnage et les résultats de certaines recherches empiriques sur la capacité d'adjustement de l'industrie du camionnage public.

5.1 L'expérience américaine de la déréglementation

Seules les conséquences de la déréglementation américaine sur les prix des facteurs (w_j) et sur les facteurs technologiques (t_j) seront prises en considération puisqu'il existe de bons résumés ou "surveys" portant sur les autres considérations pertinentes[22], mais qui sont d'intérêt secondaire dans le cadre de cette recherche.

Un des éléments majeurs de la déréglementation américaine a été la forte diminution de la demande de travail qui s'est accompagnée d'une baisse de rémunération et d'un emploi de plus en plus intensif de voituriers-remorqueurs, c'est-à-dire des employés rémunérés au kilomètre. Ces résultats pouvaient généralement être prévus et ils l'ont été à partir de certaines recherches empiriques américaines. Au départ, il était connu[23] que la rémunération obtenue par les chauffeurs et les aides, syndiqués par les Teamsters, était supérieure à celle qui aurait prévalu dans un environnement concurrentiel. Bien que les coefficients de l'élasticité-prix de la main-d'oeuvre ne fussent pas élevés, étant de l'ordre de 0,30[24], il était concevable qu'un retour à des conditions concurrentielles réduirait la

demande de main-d'oeuvre et son niveau de rémunération. Cette réaction a été amplifiée, il faut en convenir, par la récession américaine et aussi la possibilité sans cesse croissante d'embaucher des chauffeurs et aides non-syndiqués. Quant à l'emploi plus systématique de voituriers-remorqueurs, il découle logiquement des deux constatations empiriques suivantes. La première se réfère aux fortes élasticités de substitution du transport acheté au carburant et du transport acheté au capital qui étaient en général supérieures à l'unité. Ces coefficients impliquaient que les firmes américaines pouvaient substituer rapidement des voituriers-remorqueurs à leurs propres tracteurs. La deuxième constatation touchait la relativement forte élasticité-prix du carburant, de ces firmes, un autre indicateur pertinent de la possibilité de substitution du voiturier-remorqueur à leur propre équipement routier.

Une deuxième conséquence de la déréglementation américaine a été la forte diminution du capital employée par les firmes. Cette rationalisation éventuelle des tracteurs pouvait se dégager, non seulement de l'élasticité de substitution du transport acheté aux camions propres, mais aussi de la forte élasticité-prix du capital. L'atténuation du pouvoir de cartel de l'Insterstate Commerce Commisison, conjugée à la possibilité généralisée, depuis 1982, d'employer deux semi-remorques de 28 pieds au lieu de la semi-remorque classique de 45 pieds ainsi qu'à une forte baisse de la demande de transport routier des marchandises causée par la hausse des importations américaines de produits manufacturiers, ont crée une capacité excédentaire de production[25] qui perdure depuis quelques années déjà.

La déréglementation américaine a aussi amené quelques modifications à la technologie de l'industrie du camionnage en ce que le nombre d'entreprises s'est accru, et que de nouvelles firmes ayant des fonctions de production différentes ont vu le jour. Maintenant l'industrie américaine se compose encore majoritairement de généralistes régionaux qui produisent conjointement de la charge complète (TL) et des lots brisés (LTL) sur des distances déterminées par les exigences de leurs clients. La

deuxième fonction de production qui s'est beaucoup développée depuis est l'approche hub and spoke. Cette technique s'appuie sur le principe que l'acheminement vers des points intermédiaires dits centres de distribution ou d'éclatement en vue de consolidation ultime est moins coûteux ou plus efficace que le service direct d'un terminus local à un autre terminus local, en raison du faible volume donné de marchandises à manutentionner surtout lorsque les distances sont grandes. Ces grands transporteurs se sont spécialisés dans le transport de lots brisés sur de longue distance, généralement de 1 000 milles et plus. Est apparu, depuis 1980, un troisième groupe formé des transporteurs de charge complète, employant des voituriers-remorqueurs. Leur spécialité consiste à offrir le même service que les généralistes régionaux à un prix intégral inférieur, c'est-à-dire à un coût monétaire moindre et avec plus de rapidité. Leur prestation de service est plus rapide en ce qu'ils équilibrent leur voyage de retour avec un autre chargement complet alors que les transporteurs régionaux conditionnent le transport d'une charge complète, généralement le retour, à l'existence préalable d'un chargement de lots brisés, généralement l'aller. Autrement dit, les transporteurs régionaux font généralement attendre les expéditeurs de charge complète alors que les nouvelles entreprises se spécialisant uniquement dans la charge complète, à l'aller comme au retour, réduisent considérablement le temps d'attente[26].

Or ces changements étaient prévisibles en ce que les coefficients caractérisant la présence d'économies d'échelle indiquaient que les grandes firmes, devenues maintenant des spécialistes, avaient pleinement réalisé leurs économies d'échelle possibles dans la production multiple et qu'elles devaient se spécialiser dans une seule activité et desservir tout le territoire américain pour devenir ainsi des entités plus viables dans l'éventualité d'une déréglementation[27]. De plus, des tests statistiques tendaient à confirmer que les différences de fonction de production entre les transporteurs régionaux dits généralistes et les grands transporteurs nationaux en mutation étaient bel et bien la résultante de la technologie, mesurée par les variables technologiques, et non de la réglementation en soi. Les

firmes qui ne voulaient pas desservir les 48 États de l'Union se devaient alors de réduire leurs activités et s'implanter essentiellement dans leurs régions de base pour ne plus se maintenir sur la partie croissante de la courbe des coûts moyens. Sinon, la faillite les attendrait sûrement si le climat devenait plus concurrentiel[28].

Quant à l'existence de transporteurs spécialisés uniquement dans la charge complète, même si les études américaines révélaient la présence de certaines économies d'échelle, à la consternation des chercheurs, leur arrivée sur le marché a pris beaucoup d'observateurs et d'entreprises au dépourvu. Toutes les inférences analytiques découlaient d'un environnement très réglementé où le rôle des voituriers-remorqueurs était généralement confiné au transport de produits agricoles exemptés. Peu d'analystes avaient présumé qu'un climat concurrentiel permettrait une extension de leur rôle. En somme, les recherches empiriques corroborent que les prix des facteurs et les variables technologiques exercent une influence significative sur le niveau de la production et la structure des coûts de tous les transporteurs, quels qu'ils soient. Ces quelques exemples illustrent bien que les résultats économétriques peuvent être utilisés à des fins de politique économique.

5.2 La situation québécoise

Il devient maintenant pertinent de se demander quelles sont les inférences possibles en termes de politique économique que permettent les résultats économétriques de la partie précédente. Nous considérons les prix des facteurs et les variables technologiques qui constituent les principales variables explicatives d'une fonction translog.

Les prix des facteurs

Les diverses élasticités-prix aussi bien que de substitution du tableau 5 reflètent le comportement adaptatif des entreprises québécoises qui

font affaires dans un milieu relativement concurrentiel. Ces différents coefficients laissent nettement présager que peu de changements majeurs à l'américaine vont éventuellement survenir au Québec si on déréglemente totalement l'industrie ou si cette dernière est incluse dans les propositions de libre-échange canado-américain. Considérons, en premier lieu, les diverses élasticités-prix de chacun des facteurs. L'élasticité-prix du carburant est relativement élevée pour les deux raisons suivantes: outre le fait qu'elles ont rationalisé certaines activités devenues moins rentables à la suite des diverses hausses du prix, les firmes ont aussi procédé à de nouveaux ajustements de nature technique, comme l'achat de tracteurs plus économiques en termes de consommation de carburant, l'utilisation de pneus radiaux particuliers et une meilleure surveillance de la conduite technique de leurs chauffeurs par l'implantation de boîtes d'enregistrement (black box) qui compilent tous leurs faits et gestes. De plus, cette valeur relativement élevée de ce coefficient reflète aussi la possibilité qu'ont les firmes d'embaucher des voituriers-remorqueurs. Cette dernière pratique tend à se propager de plus en plus dans l'industrie. Ces procédés de production moins coûteux ont été adoptés par les firmes québécoises, depuis un certain temps déjà, pour mieux concurrencer le transport dit "illégal" sous toutes ses formes.

L'élasticité-prix du capital dont le coefficient est sensiblement du même ordre de grandeur que celui observé par Spady et Friedlaender laisse présager, à première vue, une certaine surcapacité de production, advenant un climat plus concurrentiel. Cependant la récession aidant et les derniers énoncés de politique économique, contenus dans "Aller sans entraves" du ministère fédéral des Transports, ont conduit à un certain nombre de fusions d'entreprises qui oeuvraient sur un même territoire. Ces fusions ont pour but principal de réaliser une plus grande densité de réseau et de réduire les frais d'exploitation en proportion. Autrement dit, il y a des forces actuellement à l'oeuvre pour combattre la surcapacité effective de production et la venue éventuelle d'un environnement plus concurrentiel n'aura pas de conséquences aussi dramatiques que celles observées aux

États-Unis. L'élasticité-prix de la main-d'oeuvre est aussi relativement élevée et constitue un reflet de l'ajustement en cours dans l'industrie québécoise. Les diverses faillites et fusions récentes ont rendu disponible une certaine quantité de main-d'oeuvre et ces travailleurs routiers doivent en plus concurrencer les voituriers-remorqueurs et les chauffeurs des firmes de transport illégal. Finalement, il est très difficile de dégager une inférence de l'élasticité-prix du matériel, en raison de sa formation même de cette variable. Malgré tout, cette variable ne peut que laisser entrevoir qu'un faible ajustement au niveau du personnel des terminus et des ventes.

Quant aux élasticités de substitution qui décrivent comment se fera la réorganisation de la production à la suite de différentes variations de prix des facteurs, leurs coefficients ne permettent généralement pas de dégager des inférences possibles ou éventuelles. Ces mesures ne servent tout au plus qu'à renforcer certains points particuliers. Ainsi ces élasticités peuvent faire comprendre l'implantation récente du train routier (longer combination vehicule) ainsi que le processus de rationalisation des pièces de rechange et de la spécialisation du personnel de réparation[29].

Les variables technologiques

Comme les entreprises québécoises se maintiennent sur la partie décroissante de la courbe des coûts moyens, toute politique qui accentuera la promotion de la concurrence réduira les coûts de production. Ces économies d'échelle ne vont se réaliser, comme l'indique le tableau 6, que par une hausse de la charge moyenne des expéditions, une amélioration de la capacité d'utilisation de la flotte de véhicules et une hausse du pourcentage des lots brisés dans la production. Autrement dit, les différents efforts de rationalisation amorcée depuis quelques années vont se poursuivre dans l'industrie, à moins bien évidemment que les entreprises actuelles aient déjà réalisé la taille optimale d'activité permise par l'ampleur du marché québécois. Il faut rappeler que la fusion d'entreprises concurrentes sur un même territoire facilite la réalisation d'une plus grande densité de réseau,

un des éléments primordials de l'efficacité. Une plus grande diversité d'expéditeurs peut ainsi conduire à une utilisation plus intensive de la main-d'oeuvre et des équipements. Les économies propres à une densité accrue du réseau ne sont qu'indirectement liées à la taille globale de l'entreprise et découlent beaucoup plus directement de la part qu'elle occupe sur le marché visé.

Ces économies réalisées se feront principalement par une réduction de l'utilisation du travail, du capital et du carburant. Ainsi une hausse de 10 pour cent de la capacité actuelle d'utilisation des camions réduira les dépenses de carburants de 5,2 pour cent, celles du travail et du capital de 7,9 pour cent et de 5,5 pour cent respectivement et du matériel de 3,8 pour cent. Or ces résultats sont tous, sauf pour le facteur capital, inférieurs à ceux obtenus par Kim[30]. Autrement dit, le processus d'ajustement qu'occasionnerait une politique plus concurrentielle est actuellement en application et il est peu probable que les modifications majeures subies par l'industrie américaine se reproduisent au Québec.

6.0 Remarques finales

Une application d'une fonction translog à l'industrie québécoise du camionnage public révèle comment les prix des facteurs et les variables technologiques influencent la structure des coûts de ces firmes. Les divers résultats obtenus se comparent avantageusement à ceux obtenus par différents autres chercheurs américains aussi bien que canadiens, même si la période considérée et la spécification des variables diffèrent quelque peu. Malgré tout, il est concevable de penser que l'implantation de règles graduellement plus concurrentielles n'introduira pas de modifications structurelles aussi sévères que celles vécues récemment par l'industrie américaine, par exemple.

Différents éléments peuvent expliquer cette dissimilitude de réaction. Tout d'abord le cadre institutionnel canadien se distingue de

l'arrangement américain en ce qu'il n'existe pas de réglementation pan-canadienne comparable à celle exercée par l'Interstate Commerce Commission (ICC). Ensuite les nombreuses "fuites" comme le transport "illégal", les compagnies de location et les courtiers en transport et le climat de tolérance ou de faibles incitations à appliquer les taux et tarifs déposés limitent fortement les contraintes formelles imposées par la Commission des transports du Québec. Autrement dit, les coûts sociaux de la réglementation au Québec ont toujours été plus que faibles ceux crées par la présence de l'ICC aux États-Unis. Il en ressort que l'industrie québécoise du camionnage est généralement soumise à des forces concurrentielles, plus souvent officieuses qu'officielles, et que ces forces se sont amplifiées par la diffusion de la déréglementation américaine en territoire québécois.

Notes

1 Pour une analyse des mécanismes de diffusion de la déréglementation américaine en territoire canadien, il faut consulter M. Boucher. "L'inspiration américaine de la déréglementation en transport routier", dans Canadian Public Policy/Analyse de politiques, vol. XII, no 1, printemps 1986, p. 189-201.

2 Le paragraphe suivant s'inspire de C. Winston. "Conceptual Developments in the Economics of Tansportation: An Interpretive Survey", dans Journal of Economic Literature, vol. 23, mars 85, p. 62-63.

3 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, Cambridge, The MIT Press, 1981, p. 16-17.

4 R.H. Spady et A.F. Friedlaender. "Hedonic Cost Functions For The Regulated Trucking Industry", dans Bell Journal of Economics, vol. 9, no 1, printemps 78, p. 159-179.

5 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, Cambridge, The MIT Press, 1981, appendice A, p. 203-211.

6 Le lecteur intéressé au sens analytique du concept de séparabilité et à ses implications en transport peut consulter respectivement R.E. Hall. "The Specification of Technology with Several Kinds of Output", dans Journal of Political Economy, vol. 81, no 4, juillet/août 73, p. 878-892 et de R. H. Spady et A.F. Friedlaender. "Econometric Estimation of the Cost Functions in the Transportation Industries", dans Center for Transportation Studies, Cahier de recherche no 76-13, MIT, septembre 1976, p. 5-6.

7 S.J. Wang Chiang et A.F. Friedlaender. "Output Aggregation, Network Effects and the Measurement of Trucking Technology", dans Review of Economics and Statistics, vol. 66, mai 1984, p. 267-276.

8 Les données agrégées de ces enquêtes se retrouvent dans Entreprises de camionnage et de déménagement, catalogue 53-222 et L'enquête sur le transport routier de marchandises pour compte d'autrui, catalogue 53-224, Statistique Canada, 1982, 1983, 1984.

9 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, op. cit., p. 278-281.

10 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, op. cit., p. 202-264.

11 A.F. Friedlaender et S.J. Wang Chiang. "Productivity Growth in the Regulated Trucking Industry" dans Research in Transportation Economics, sous la direction de T.E. Keller, Greenwich, vol. 1, JAI Press Inc., 1983, p. 160.

12 A.F. Daughety, F.D. Nelson et W.R. Vigdor. "An Econometric Analysis of the Cost and Production Structure of the Trucking Industry", dans Analytical Studies in Transport Economics, sous la direction de A.F. Daughety, New York, Cambridge University Press, 1985, p. 91.

13 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, op. cit., p. 281-285 et A.F. Daughety, F.D. Nelson et W.R. Vigdor. "An Econometric Analysis of the Cost and Production Structure of the Trucking Industry", dans Analytical Studies in Transport Economics, op. cit., p. 92-93.

14 Dans un tel contexte, l'hypothèse de Friedlaender et Spady, à savoir que le coût d'un kilomètre loué est le même que celui d'un kilomètre acheté et que le nombre de kilomètre loué est identique au nombre de kilomètre acheté, peut être difficilement soutenu.

15 M. Kim. The Structure of Technology of the Canadian Trucking Industry, thèse de doctorat inédite, Université de Toronto, 1982, p. 97-98.

16 Nous employons la technique développée par Spady et Friedlaender pour que cette variable ne soit pas égale à zéro. Cette dernière entre dans la fonction de production sous la forme 1 + LTL%.

17 En effet une application du test de Chow-Fisher permet d'accepter l'hypothèse que les paramètres n'ont pas changé entre les années 1982 à 1984. La valeur calculée pour le test F_C est de 0,4185 alors que la valeur tabulée de F pour 55 paramètres se situe entre 1,32 et 1,39, en se référant évidemment à un seuil de confiance de 5%.

18 Ce résultat explique l'existence des expériences actuelles en matière de train routier (longer combination vehicle ou LCV) et la tentative de l'Association du camionnage du Québec (ACQ) de vouloir permettre l'utilisation de ces trains routiers à longueur d'année.

19 Ce résultat fait comprendre les différents efforts de rationalisation qui ont cours dans l'industrie québécoise depuis quelques années déjà. À ce sujet, il faut consulter M. Boucher. "Le marché des lots brisés", dans Groupe de recherche en économie publique, Québec, École nationale d'administration publique, Cahier 8510, 1985, p. 34-35.

20 S.J. Wang Chiang et A.F. Friedlaender. "Output Aggregation, Network Effects and the Measurement of Trucking Technology", dans Review of Economics and Statistics, vol. 66, mai 1984, p. 267-276.

21 Un premier test statistique nous oblige à refuser l'hypothèse que la production des entreprises québécoises est unique, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence dans la production de charges complètes (TL) et de lots brisés (LTL). La valeur calculée pour le test F_C est de 17,80 et la valeur tabulée de F pour 36 paramètres gravite autour de

1,46, pour un seuil de confiance de 5%. Le second test statistique porte sur la segmentation de l'output, la tonne-kilomètre, selon la distance. Les différentes valeurs calculées de F_c sont toujours inférieures aux valeurs tabulées de F, pour un seuil de confiance de 5%. Par exemple le test que les trois outputs, tonne-kilomètre sur des distances inférieures à 200 milles, sur des distances entre 200 et 500 milles et sur des distances supérieures à 500 milles sont identiques doit être accepté, la valeur calculée étant de 1,06 en regard de la valeur tabulée de 1,52 pour 25 paramètres et un seuil de confiance de 5%.

22 Il existe un bon nombre de recherches analysant les conséquences de la déréglementation américaine qui ont été publiées par l'Office of Transportation Analysis de l'Interstate Commerce Commission. Un résumé très exhaustif demeure celui de G. Blanchard. A Study of the Financial and Economic Impacts of the Motor Carrier Act (MCA) of 1980, Transports Canada, avril 1985.

23 T.G. Moore. "The Beneficiairies of Trucking Regulation", dans The Journal of Law and Economics, vol. 21, no 2, octobre 1978, p. 327-344.

24 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, op. cit., p. 271. Il faut noter que ce résultat était biaisé en ce qu'il incorporait la réaction des firmes opérant dans un environnement cartellisé. Comme la déréglementation constitue un environnement différent et plus concurrentiel il devient normal que de nouvelles réactions voient le jour en ce que les possibilités de substitution deviennent plus grandes.

25 Selon les données les plus récentes publiées en juin 1986, la quantité de tonnes transportées, en milliards, est inférieure de 8% à celle observée en 1978.

26 Il faut noter au passage que les généralistes régionaux américains n'ont réagi à cette nouvelle approche qu'après avoir perdu 50% de leurs charges complètes, qui étaient très importantes à leur rentabilité. Ils ont alors formé des entreprises spécialisées dans la charge complète et ils ont embauché des voituriers-remorqueurs.

27 A.F. Friedlaender et R.H. Spady. Freight Transport Regulation, op. cit., p. 247-276.

28 Pour une corroboration de cette idée, il faut consulter S.J. Wang Chiang et A.F. Friedlaender. "Truck Technology and Efficient Market Structure", dans Review of Economics and Statistics, vol. 67, no 2, mai 1985, p. 250-258.

29 Dans la documentation spécialisée, ces formes de rationalisation des activités se réfèrent au principle of multiples et au principle of massed reserves. Le premier décrit le fait que les spécialistes sont des producteurs plus efficaces de biens et de services que les

énéralistes alors que le second est une variante de la loi des grands nombres. En effet, à mesure que la grandeur d'un échantillon tiré d'une distribution de probabilités s'accroît, la probabilité diminue que la valeur moyenne de l'échantillon déviera, par plus d'un certain pourcentage, de la moyenne de la distribution des probabilités. H. Mohring. Transport Economics, Cambridge, Ballinger Publishing Compagny, 1976, p. 135-137.

30 M. Kim. "The Beneficiaries of Trucking Regulation, Revisited", dans The Journal of Law and Economics, vol. 27, avril 1984, p. 238-239.